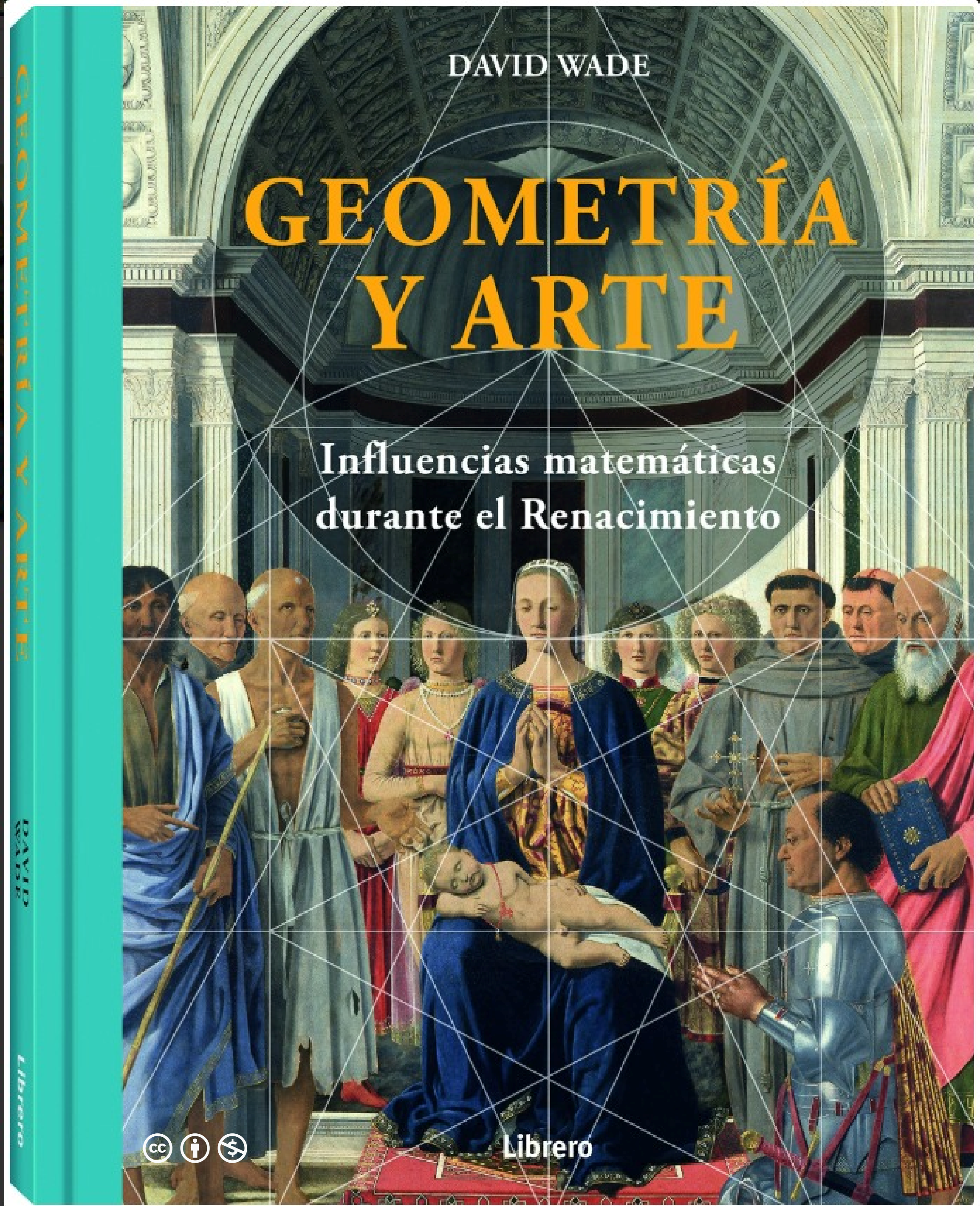

DAVID WADE
GEOMETRÍA Y ARTE
Influencias matemáticas durante el Renacimiento
Librero
GEOMETRÍA Y ARTE
DAVID WADE
Librero

# GEOMETRÍA Y ARTE

DAVID WADE

*Influencias matemáticas durante el Renacimiento*

Librero

Título original: *Geometry & Art*



Diseño del interior: Roger Walton
Studio

Producción de la edición española:
Delivering iBooks & Design, Barcelona
Traducción: Montserrat Ribas para
Delivering iBooks & Design

Distribución exclusiva de la edición
española:
Ediciones Librero S. L.
Paseo del Pintor Rosales, 32
28008 Madrid
España

Printed in Slovenia /Impreso en
Eslovenia

ISBN 978-90-8998-499-9

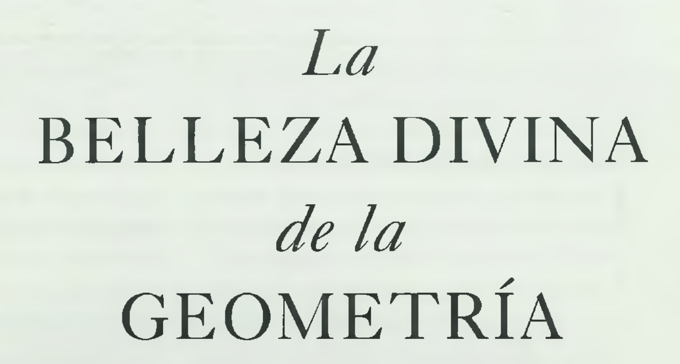
**Página 2:** detalle de un armario taraceado, Núremberg, Alemania, siglo XVI.




# ÍNDICE



# I



# *La* BELLEZA DIVINA *de la* GEOMETRÍA

*«Platón admiró tanto la geometría básica de los poliedros, que era incapaz de imaginar que Dios no los utilizara».*

Morris Kline, *Mathematics in Western Culture*

**IZQUIERDA:** *Occidental y árabe realizando prácticas matemáticas,* manuscrito del siglo XIV.

# LOS ORÍGENES CLÁSICOS DE UNA IDEA IRRESISTIBLE

## PITÁGORAS, PLATÓN Y SU LEGADO

La irresistible idea de que «el número lo es todo», que las matemáticas son el fundamento y que, por tanto, constituyen la clave para comprender en profundidad el mundo, se suele atribuir al filósofo presocrático Pitágoras. Aunque constituye una figura legendaria y en cierto modo misteriosa, con tendencia a acumular mitos, no hay duda de que existió. Se cree que nació en la isla de Samos y que se estableció sobre el año 531 a. C. en el sur de Italia, donde fundó una escuela de filosofía cuasi religiosa. Aunque se desconocen los detalles de las tempranas creencias de los pitagóricos, parece ser que se aplicaban en el estudio de la música y las matemáticas. Su legado más duradero son sin duda alguna los descubrimientos que realizaron en esos campos. Según Aristóteles, llegaron a creer que los números y las proporciones constituían los elementos primordiales de la naturaleza, y por ello se centraban en los casos donde estos eran más evidentes, como en las proporciones de las escalas musicales. También estaban muy interesados en las figuras geométricas, a las que atribuían propiedades místicas, así como en los números y las proporciones. Al parecer, creían que los números y la forma tenían un tipo de vida y existencia propias, separadas del mundo, y desarrollaron una compleja cosmología en la que algunos de ellos se identificaban con dioses. Sus especulaciones en el campo de la geometría estaban por tanto ligadas a la contemplación de lo trascendente, lo que bajo su punto de vista constituía una forma de plegaria. Más trascendental aún para el futuro pensamiento europeo: sus ideas conservaron su atractivo. La escuela fundada por Pitágoras perduró durante más de un milenio, y muchos de sus preceptos fueron adoptados por Platón e incorporados a su visión filosófica.





**ARRIBA:** Pitágoras y Platón en el fresco de Rafael representando a los filósofos griegos, Palacio Apostólico Vaticano. Platón sostiene su diálogo *Timeo*, la fuente primordial de sus especulaciones sobre la naturaleza del mundo físico.

La influencia de esta corriente de pensamiento queda manifiesta en uno de los diálogos más notables de Platón, el *Timeo*, escrito en el año 360 a. C. Siguiendo la enseñanza pitagórica, Platón diferencia lo físico, sujeto al cambio y la descomposición, de lo eterno, que consiste en formas puras e inmutables.

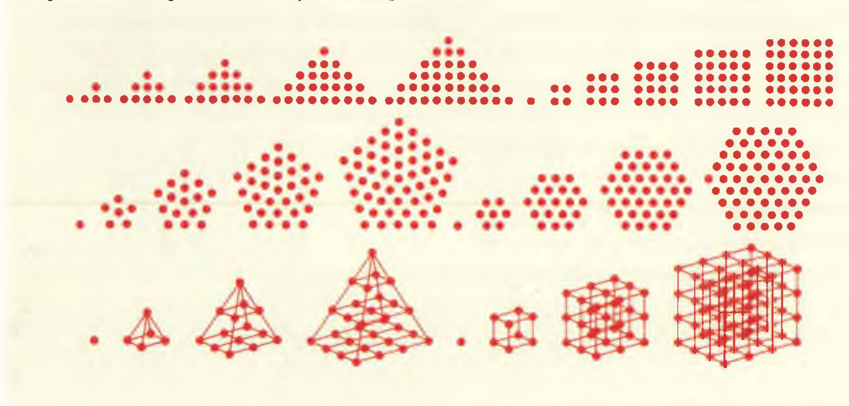
Sin embargo, el mundo físico deriva de lo eterno —aunque los detalles de cómo eso ocurre son algo

imprecisos—, y en última instancia se compone de partículas elementales. Estas son de cuatro tipos, que corresponden a los cuatro elementos del mundo clásico: tierra, aire, fuego y agua. Los elementos, a su vez, se identificaban con los cuatro primeros sólidos regulares: tierra = cubo, aire = octaedro, fuego = tetraedro y agua = icosaedro. La quinta de esas figuras regulares —que se denominaron sólidos platónicos—, el dodecaedro, se asociaba con el propio cosmos. Con el tiempo, las teorías de Platón quedaron tan ligadas a los preceptos pitagóricos que resultaba difícil distinguir entre ellos. Pero la noción de la importancia de ciertos valores proporcionales y la creencia de que las formas geométricas poseían una perfección atemporal perduraron, y fueron fuente de inspiración tanto para las artes como para las ciencias. De hecho, la idea de que las formas aritméticas y geométricas podían ofrecer la vía para una comprensión de la auténtica naturaleza del cosmos, se convirtió en un principio fundamental de la cultura occidental. Esta es, al fin y al cabo, la asunción básica de la ciencia.

## FIGURAS PITAGÓRICAS

Los pitagóricos interpretaban los números como patrones de puntos compuestos por «figuras» características. La más importante era la *tetraktys*, la figura triangular de cuatro filas cuyos componentes suman el número perfecto de diez, sobre el que se hacían juramentos. A partir de ahí y de otros grupos de polígonos simples, fueron progresando hacia otras series tridimensionales como la cúbica, la tetraédrica y la piramidal.

Posteriormente Aristóteles criticó a los pitagóricos por su obsesión por los números, y está claro que consideraba muchas de sus explicaciones en exceso rebuscadas. Al igual que muchos numerólogos a lo largo de los tiempos, eran propensos a modificar los hechos para que encajaran con sus ideas: «Si faltaba algo para completar sus teorías, rápidamente lo encontraban». Pero a pesar de las excentricidades de algunas de sus visiones cosmológicas, sus teorías tenían un peso considerable, en especial su afirmación fundamental de que las matemáticas son la base de todo, y que la geometría es la expresión más elevada de las matemáticas.



## PLATONISMO Y GEOMETRÍA

El platonismo se basa en primer lugar en los propios escritos de Platón, la mayoría de los cuales han sobrevivido, y en sus enseñanzas y las de sus seguidores de las numerosas escuelas de filosofía sucesivas. Esto significa que, aunque sin duda existía una tradición «platónica», con el tiempo el término ya no equivalía a un conjunto consecuente y coherente de ideas. De hecho, el platonismo y el neoplatonismo llegaron a significar cosas distintas en diferentes épocas (*véase* el recuadro de la pág. 13).

De todos modos, el núcleo esencial del pensamiento de Platón persistió. Se basaba en la noción de la existencia independiente de conceptos abstractos, y de que el mundo fenoménico tan solo constituye una pobre imitación o una ligera aproximación al mundo de las ideas, que es eterno y perfecto. Platón sentía que esas Ideas o Formas no se podían aprehender directamente con los sentidos, sino que solo se podían determinar alejándose del «mundo de las sombras» de las impresiones sensoriales y acercándose a una conciencia interior, y que ese proceso podía desvelar los secretos del universo. La geometría ocupaba un lugar en dicho proceso. Platón, como Pitágoras antes que él, sentía fascinación por las relaciones puras y precisas entre figuras geométricas, especialmente los sólidos, y llegó a identificar esas figuras con conceptos de perfección espiritual. Es bien conocido que en su escuela, la Academia, se exhibía un rótulo que proclamaba «Que ningún ignorante de la geometría cruce esta puerta», y en su diálogo *Timeo*, donde expone sus especulaciones cosmológicas, declara que «Dios siempre geometriza» y «la geometría existía antes de la Creación».

Los escritos de Platón tienen un carácter lúdico y están formados por diálogos (básicamente debates), que le permitían presentar una variedad de propuestas que no son del todo sistemáticas. Aunque las ideas presentadas son examinadas y cuestionadas a fondo, se comunican de forma indirecta mediante varios interlocutores. A pesar de ello, su gran preocupación por la poca fiabilidad de los sentidos, la transitoriedad del mundo observable y la necesidad de establecer definiciones exactas e hipótesis claras para ello, contribuyeron en gran manera a la tradición occidental del pensamiento matemático y al método científico.

*

En *La República* Platón asevera que «la geometría atrae el alma hacia la verdad y crea el espíritu de la filosofía», y en el *Filebo* aparece su maestro Sócrates explicando la relación particular entre geometría y belleza: «Por belleza de las figuras no entiendo lo que muchos se imaginan, por ejemplo, cuerpos hermosos, bellas pinturas; sino que entiendo por aquella lo que es recto y circular, y las obras de este género, planas y sólidas, así como las hechas con compás, regla y escuadra. Porque sostengo que estas figuras no son como las otras, bellas por comparación, sino que son siempre bellas en sí por su naturaleza».

## LA ACADEMIA ATENIENSE

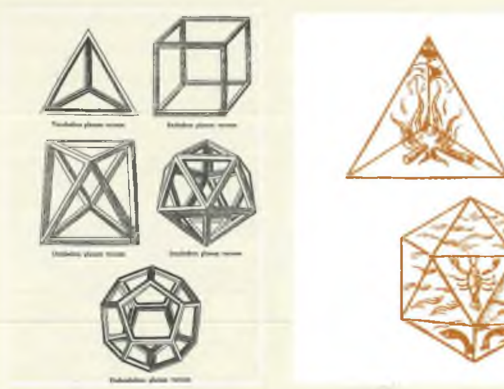


En el año 387 a. C. Platón fundó su Academia en Atenas. Es probable que en la época de Platón dicha sociedad no propusiera un conjunto de doctrinas en especial o que no tuviera un programa predeterminado, sino que más bien se daban charlas sobre una variedad de temas que después se debatían haciendo hincapié en el método dialéctico de la argumentación lógica. A juzgar por el contenido y la extensión de los diálogos platónicos, en la Academia ateniense se enseñaban matemáticas, filosofía natural (protociencia) y política. Entre los más ilustres de sus primeros alumnos se encuentran Aristóteles y Heráclides Póntico; luego el primero pasó a fundar su propia institución educativa, el Liceo.

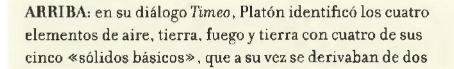
Entre los seguidores posteriores podemos citar al matemático y astrónomo Eudoxo y a los filósofos Arcesilao y Carnéades.

Tras la muerte de Platón, la Academia y el «platonismo» se vieron dominados por teorías filosóficas innovadoras y más evolucionadas, primero el escepticismo y a continuación el estoicismo. Al final prevaleció una forma de eclecticismo que adoptó lo que se consideraban los aspectos más razonables de las diversas filosofías rivales, y así es como se siguió enseñando el platonismo hasta y durante la época romana.

Aunque logró sobrevivir a la conquista romana y a la revuelta ateniense del año 88 a. C., el destino de la Academia quedó sellado por los eventos políticos que afectaban a Atenas. Los diádocos o sucesores de Platón la revitalizaron hasta cierto punto, pero por fin el emperador cristiano bizantino Justiniano la clausuró en el año 529, en un acto de represión que se ha descrito como «el final de la Antigüedad».





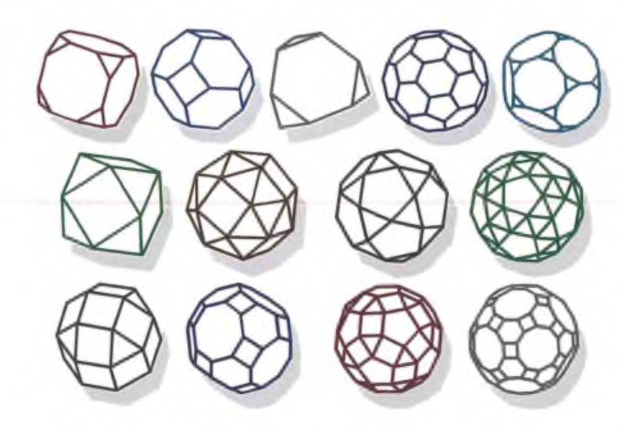


**ARRIBA:** en su diálogo *Timeo*, Platón identificó los cuatro elementos de aire, tierra, fuego y tierra con cuatro de sus cinco «sólidos básicos», que a su vez se derivaban de dos triángulos rectángulos «básicos». El quinto y último sólido de este esquema, el dodecaedro, representaba el propio cosmos.

# EL CONTINUO PLATÓNICO EN EL MUNDO CLÁSICO TARDÍO

Como hemos visto, el platonismo y la geometría se siguieron enseñando en Atenas tras la muerte de Platón, y allí se continuaron haciendo grandes descubrimientos. Pero después de Alejandro Magno en el siglo IV a. C., tanto Grecia como la propia Atenas perdieron su influencia. Las ciudades de Alejandría en el Egipto ptolemaico y de Antioquía en la Siria seléucida, que se habían convertido en importantes centros del nuevo y más extenso mundo helenístico, emergieron como centros rivales de erudición y produjeron figuras tan destacadas como Euclides y Ptolomeo. Aunque todos ellos hablaban griego y su educación había seguido la tradición griega, muchos de estos eruditos posteriores no eran de etnia griega. El mundo helénico era ahora mucho más extenso, yendo de la propia Grecia hasta la India y pasando por el norte de África y Oriente Medio.

Las matemáticas, y en especial la geometría, continuaron siendo tema de investigación entre los estudiosos de ese mundo cosmopolita, y sus principales figuras siguieron realizando avances significativos. En el año 320 a. C., Aristeo de Crotona, un matemático que había asistido a la Academia, escribió *Comparación de los cinco sólidos regulares*, donde estableció que «el mismo círculo circunscribe tanto al pentágono del dodecaedro como al triángulo del icosaedro cuando ambos están inscritos en la misma esfera». Esta obra inspiró a Euclides, que vivió casi en la misma época, y que pasaría la mayor parte de su vida en la ciudad egipcia de Alejandría.



**DERECHA:** los sólidos arquimedianos (de arriba abajo y de izquierda a derecha: cubo truncado, octaedro truncado, tetraedro truncado, icosaedro truncado, dodecaedro truncado, cuboctaedro, cubo chato, icosidodecaedro, dodecaedro chato, rombicuboctaedro, gran rombicuboctaedro, rombicosidodecaedro, gran icosidodecaedro.

Euclides, que había sido estudiante de un discípulo de Platón, siguió investigando toda la gama de geometría plana y sólida de la misma manera sistemática y platónica, una empresa que culminó en sus *Elementos*, el primer sistema completo y lógico de geometría. En el libro final de los *Elementos* Euclides explica, en dieciocho proposiciones, cómo inscribir los cinco sólidos regulares en una esfera. Para algunos comentadores posteriores esto prueba su intención de que su obra fuera una especie de testimonio de su trascendencia cosmológica. Los *Elementos* fue sin duda uno de los libros de texto más influyentes jamás escritos; muchos de los matemáticos del mundo clásico realizaron correcciones y nuevos avances basándose en el mismo.

El tema de los poliedros poseía un interés especial para otra figura sobresaliente de este período clásico tardío: Arquímedes de Siracusa. Este estudioso investigó a fondo las versiones truncadas de los sólidos regulares, y durante dicho proceso descubrió y dio nombre a los trece sólidos *semirregulares*. Apolonio de Pérgamo (262-180 a. C.), residente en Alejandría desde hacía tiempo, era famoso por su estudio de los conos, pero también escribió un tratado sobre las razones entre las dimensiones del icosaedro y del dodecaedro.

## ALEJANDRO MAGNO, HELENISMO E IMPERIO ROMANO

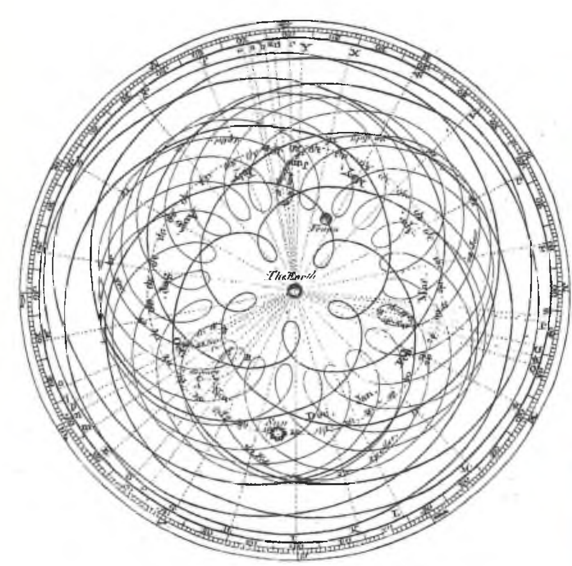
Hacia el siglo IV el mundo clásico se acercaba a una grave crisis de confianza. De hecho, la Edad de Oro de Atenas llegó a su fin tras el caótico período que siguió a la guerra del Peloponeso, cuando Filipo de Macedonia obtuvo la supremacía sobre todas las ciudades-estado griegas antes independientes. Su hijo Alejandro, tras consolidar las conquistas de su padre, se enfrentó al poderoso imperio persa, y tras una campaña de diez años consiguió agregar este inmenso territorio a su hegemonía macedónica. Esas conquistas incluyeron la mayor parte de Oriente Medio, el norte de África oriental. Babilonia y Persia, incluso áreas de la India. Las conquistas de Alejandro Magno son legendarias, si bien no pudo disfrutarlas poque murió muy joven, a los 32 años.

A su muerte esos territorios se dividieron entre los diádocos o sucesores (sus amigos, familiares y generales). Como es fácil imaginar, el proceso fue polémico y muy reñido, pero el resultado fue la fundación de una serie de nuevos reinos helenísticos, incluyendo la Persia seléucida, el reino de Pérgamo y el reino ptolemaico de Egipto. Esas adquisiciones, a su vez, fueron seguidas por un prolongado periodo de colonización griega. Fue así como, incluso a pesar de la división del imperio de Alejandro, surgió una nueva civilización panhelénica. La sociedad y la lengua griegas se impusieron en todas esas regiones, en especial en las ciudades, donde surgieron nuevas y pujantes culturas híbridas: Alejandría, situada en el norte de Egipto, fue la más importante de todas.

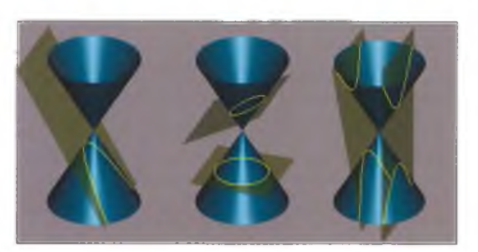
La conquista gradual de territorios griegos por parte de Roma en los siglos II y I a. C. llevó a la situación de «cultura griega, gobierno romano» en el imperio romano oriental. La lengua predominante siguió siendo el griego, que se hablaba en muchos lugares, incluyendo la propia Roma. Esta, que era un estado sumamente militarizado, adoptó una política de distanciamiento hacia sus dominios griegos, pero siempre mantuvo el respeto por la cultura helénica. La filosofía, el arte, la literatura e incluso la religión seguían patrones griegos; la mayoría de los romanos cultos eran bilingües. El resultado final de esta fusión fue un continuo cultural unificado en el Mediterráneo, en el que la creatividad intelectual siguió floreciendo.

Esos descubrimientos fueron mejorados por Hipsicles de Alejandría (190-120 a. C.) en una obra que posteriormente se conoció como el Libro XV de los *Elementos* de Euclides. En el período clásico tardío la especulación en matemáticas y física tendía hacia aplicaciones más prácticas, en lugar de la teoría pura. Incluso así, Herón de Alejandría (*fl.* 150 d. C.) estudió la medida, el volumen y el tamaño relativos de los poliedros, temas que aun en el siglo IV d. C. siguieron captando el interés de Pappo de Alejandría.

El matemático y astrónomo Ptolomeo, también de Alejandría, es famoso por su modelo del universo, que perduró hasta Copérnico. Su brillante, aunque desacertada, cosmología, con su complejo sistema de epiciclos, se utilizó para predecir los movimientos planetarios hasta que fue reemplazada por el modelo copernicano, a su vez derivado del de Aristarco, conciudadano de Ptolomeo.



**ARRIBA:** el sistema planetario geocéntrico establecido por Ptolomeo de Alejandría en el siglo II d. C. fuen un eficaz indicador de los movimientos planetarios, pero con el tiempo cada vez se hizo más complicado encontrar una explicación para las aparentes anomalías.



**ARRIBA:** Apolonio de Pérgamo, trabajando con la obra de Euclides sobre conos, descubrió las propiedades de las importantes curvas derivadas de las secciones cónicas: de izquierda a derecha, la elipse, la parábola y la hipérbole.

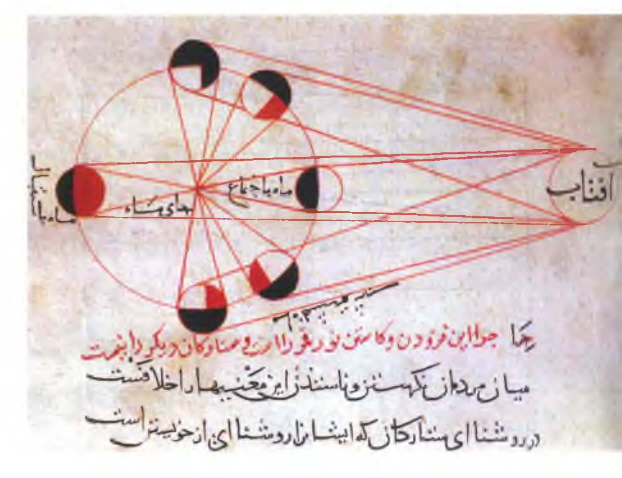


**DERECHA:** el universo geocéntrico ptolemaico perduró hasta el modelo heliocéntrico propuesto en el siglo XVI por Copérnico. Esta es una versión tardía, de la *Cosmographia* del cartógrafo portugués Bartolomeu Velho, impresa en Francia en 1568.

# LA CUSTODIA BIZANTINA E ISLÁMICA DEL CONOCIMIENTO GRIEGO CLÁSICO

En los 900 años transcurridos entre el cierre de la Academia ateniense por Justiniano y el Renacimiento de la Europa occidental, el platonismo sobrevivió en tres tradiciones culturalmente distintas: en el imperio bizantino, en el mundo islámico y, de modo mucho más limitado, en la Europa occidental.

Hacia el siglo v d. C. los problemas internos y las amenazas externas que habían afectado al mundo clásico alcanzaron un punto crítico que desembocó en la división del Imperio romano, que llevó al hundimiento de su parte occidental y a la adopción del cristianismo en la oriental. A pesar de estos eventos trascendentales y a veces catastróficos, existía la determinación entre algunos valientes eruditos de conservar el conocimiento antiguo clásico. Muchas cosas se salvaron y Euclides, entre otros, nunca fue olvidado del todo. El filósofo romano Boecio (480-524/525 d. C.), que vivió en los precarios tiempos posteriores a la caída de Roma, dedicó su vida a esta causa y tradujo del griego al latín tanto a Euclides como a Ptolomeo. Boecio se consideraba seguidor de Platón además de cristiano, y siguiendo el espíritu de la tradición platónica, escribió tratados que asociaban la geometría con la teoría musical y la astronomía, y que contenían disertaciones sobre los sólidos regulares. Sus opiniones filosóficas se convirtieron en una de las principales influencias de la iglesia medieval occidental, considerada una guía del pensamiento racional durante la era del Oscurantismo.



**ARRIBA:** ilustración del siglo XI de la descripción de eclipses lunares del astrónomo islámico Al-Biruni; de su *Kitab al-tafhim*. El erudito ofrece una explicación completa de los mecanismos celestes que originan esos fenómenos.

En el Oriente cristiano, Bizancio siguió siendo un baluarte de la civilización griega durante los siglos posteriores. La ciencia y literatura clásicas se siguieron enseñando y, en comparación con la barbarie de Occidente, el listón de la alfabetización y la matemática básica se mantuvo alto en el Oriente.



**DERECHA:** el mundo islámico heredó y amplió los conocimientos y las técnicas de fuentes griegas clásicas y tardías. En esta ilustración de un manuscrito otomano, un astrónomo calcula la posición de un astro con la ayuda de un astrolabio esférico y un cuadrante. Los sabios islámicos realizaron avances basándose en este conocimiento científico, y posteriormente lo transmitieron a la Europa cristiana, donde contribuyó en gran manera al desarrollo de la ciencia y la tecnología europeas.



**ARRIBA:** diagrama oftalmológico del siglo XIII que muestra la anatomía del ojo; de un manuscrito del médico árabe Hunayn Ibn Ishaq. Los oftalmólogos gozaban de gran prestigio en la sociedad islámica medieval y habían desarrollado una sofisticada variedad de instrumentos quirúrgicos.

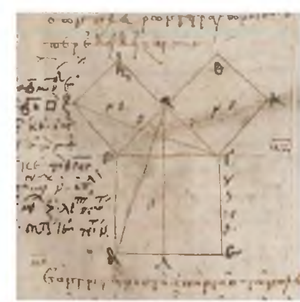
Los *Elementos* de Euclides siguió siendo un texto básico familiar, conservando sus asociaciones metafísicas platónicas, pero estas, junto con otras filosofías clásicas, fueron incorporadas a un marco cristiano. En ese contexto, la geometría se consideraba un modo de alcanzar una mayor comprensión de Dios. Los bizantinos, siguiendo la temprana corriente cristiana neoplatónica, se interesaban más por temas como la relación de lo divino con el mundo físico que por la propia ciencia. Durante esa época, pocas cosas originales se añadieron a los aspectos técnicos de los textos más antiguos, pero al menos estos se conservaron. Constantinopla adquirió fama por sus eruditos humanistas, considerados los «bibliotecarios del mundo». El Imperio bizantino, aunque perduró más de un milenio, se vio amenazado con frecuencia por fuerzas externas: latinos, persas, diversas tribus bárbaras y más tarde el Islam. El extraordinario auge del Islam en el siglo VIII ya había despojado a Bizancio de grandes extensiones de su territorio, pero esa incursión inicialmente nómada pronto se convirtió en una formidable entidad cultural competidora. Las primeras conquistas de gran parte del Oriente Medio bizantino abrieron las puertas a los musulmanes a un mundo de cultura y riqueza casi equivalente a una segunda Revelación, lo que supuso un enorme impacto en su propio desarrollo como civilización. El Islam se fue extendiendo por la inmensa zona geográfica que Alejandro había conquistado un milenio antes.

Cuando los conquistadores musulmanes tuvieron que administrar su vasto imperio, se dirigieron a las fuentes griegas para todo tipo de conocimientos. La urgente necesidad de los recursos que solo una elevada cultura podía suministrar desembocó en el establecimiento de un movimiento de traducciones musulmán patrocinado por el estado (*véase* el recuadro de la pág. 21), y en un entusiasmo por los textos clásicos disponibles que perduró en el tiempo. Se creó un ambiente en el que se fomentaba la erudición y el conocimiento clásico se absorbía como una esponja, dando paso a un profundo despertar cultural que en la segunda mitad del siglo VIII llevó a la traducción al árabe del corpus principal de las obras griegas médicas y científicas que habían sobrevivido (incluyendo las de Platón, Aristóteles, Galeno, Euclides, Arquímedes y Ptolomeo). La inmensa transmisión de conocimiento a este nuevo contexto cultural, seguro de sí mismo, produjo un efecto catalizador que generó un interés genuino por los temas científicos.

En un principio hubo una continuación de las tradiciones griegas de estudio, pero pronto surgió una ciencia islámica independiente, plena de confianza en sí misma, que produjo críticas válidas y ampliaciones originales de ese antiguo saber. Gracias a este resurgimiento intelectual islámico se llevaron a cabo grandes avances en matemáticas —y también en geometría—, óptica y medicina, conocimientos que se diseminaron por todo el mundo islámico, incluyendo la lejana España. La conservación, adaptación y subsiguiente transmisión de ese legado clásico, junto con el de Bizancio, iba a tener enormes consecuencias para la ciencia occidental.



**IZQUIERDA:** gran parte del corpus matemático griego se tradujo al árabe, empezando en el segundo siglo islámico; una página del manuscrito de los *Elementos* de Euclides por Hunayn Ibn Ishaq. Este famoso médico y traductor residió en la Casa de la sabiduría del Bagdad abasí, durante la Edad de Oro de la ciencia árabe.



**IZQUIERDA:** el teorema de Pitágoras, de la Proposición 47 del Libro I de los *Elementos* de Euclides, en un manuscrito bizantino.



**IZQUIERDA:** la misma página de Euclides, con la demostración del teorema de Pitágoras («el área del cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos»), en una traducción árabe.



**ARRIBA:** ilustración que muestra el método de calcular los eclipses solares y lunares; de *Las maravillas de la creación*, del astrónomo y geógrafo persa del siglo XIII Zakariya al-Qazwini. La astronomía islámica se basaba principalmente en fuentes griegas clásico-tardías, pero también incorporó conocimientos astronómicos persas e indios. De forma general se aceptaba la visión geocéntrica de Ptolomeo sobre el universo, que se convirtió en la base de su propia tradición astronómica, aunque los eruditos islámicos hicieron correcciones significativas a este sistema.

## LA CASA DE LA SABIDURÍA

En el año 762, el califato abasí islámico gobernaba un imperio que se extendía del norte de África hasta la frontera con China; su nueva capital era Bagdad, en Iraq. Durante esa época, el segundo siglo islámico, se empezaron a dar cuenta del inmenso valor del saber griego, persa e indio al que ahora tenían acceso gracias a la conquista de sus territorios. La adquisición de ese conocimiento pasó a ser fundamental para la administración del imperio. El quinto califa abasí, Harun al-Rashid, fundó una escuela de traductores, adonde se empezaron a llevar manuscritos originales de todas las fuentes disponibles. Su hijo, al-Ma'mun, demostró ser incluso más entusiasta dándole al trabajo de traducción, en especial de obras griegas científicas y filosóficas, carácter institucional en la *Bayt al-Hikma* (Casa de la sabiduría). La apreciación y el apetito por el conocimiento clásico era tal, que para finales del siglo IX la literatura científica de los griegos al completo se encontraba disponible en buenas traducciones árabes.

Con el tiempo, la *Bayt al-Hikma* se convirtió en un centro educativo y de investigación, y sus estudiosos pronto hicieron originales aportaciones propias en campos como la astronomía, la óptica, el álgebra y la trigonometría. Fue así como el pensamiento griego no solo se conservó, sino que se amplió y progresó en su nuevo marco islámico.

# PÉRDIDA Y RECUPERACIÓN PARCIAL

Cuando en el siglo IV el emperador romano Constantino trasladó la capital de Roma a Constantinopla, el centro de gravedad intelectual se desplazó hacia el este. Las divisiones entre las dos mitades separadas del Imperio romano se exacerbaron con la caída en el siglo V de los territorios occidentales en manos de las tribus bárbaras. La separación política y teológica entre el Oriente de habla griega y el Occidente de habla latina se fue incrementando con el paso de los siglos. Oriente consiguió retener su importancia cultural y comercial; su capital, Constantinopla, siguió siendo un centro estratégico fundamental, pero tras la disolución del imperio occidental su vida cultural entró en declive. Las conmociones que Europa occidental experimentó entre los siglos V y VIII, con sus constantes flujos migratorios y cambios de fronteras, no se prestaban en absoluto al desarrollo cultural. Entre lo que quedaba de una clase intelectual no existía mucho más que una sensación de pérdida y de nostalgia por el saber y las artes del pasado clásico, y los vínculos con ese glorioso pasado se fueron haciendo cada vez más tenues.

Uno de los pocos textos de esta era del Oscurantismo que se conservan es la traducción parcial que Calcidio hizo del *Timeo*, donde Platón exponía sus ideas cosmológicas y relataba el mito de la civilización perdida de la Atlántida. Esta obra, junto con el comentario de Calcidio sobre la misma, fue la única versión que estuvo disponible para los estudiosos occidentales de cualquiera de los diálogos de Platón durante casi 800 años. En el siglo XII, los eruditos franceses hicieron resurgir el interés por

**DERECHA:** ilustración del siglo XIV de una mujer, probablemente como personificación de la geometría como una de las artes liberales, enseñando geometría a unos estudiantes. Es de una versión de los *Elementos* de Euclides del siglo XIV traducida originalmente por Adelardo de Bath en el siglo XII a partir de un original árabe.





**IZQUIERDA:** ilustración de la traducción del siglo XIII de Gerardo de Cremona del tratado sobre medicina de al-Razi, un médico y polifacético erudito persa del siglo IX.



**IZQUIERDA:** versión medieval en latín del *Timeo* de Platón. Derivado de la traducción original del siglo IV del filósofo Calcidio, este es el único ejemplo de los diálogos de Platón que siempre estuvo disponible en la Europa medieval.

ese comentario, que incluía algunas observaciones astronómicas griegas.

Durante esos tiempos difíciles se produjeron otros intentos por recuperar el conocimiento clásico, entre los que cabe destacar el de Boecio (h. 480-524/525 d. C.). Este aristócrata romano, a quien se atribuye la acuñación del término *quadrivium*, tradujo del griego al latín una serie de libros sobre temas matemáticos*, pero su ambición de traducir las obras de Platón y Aristóteles se vio frustrada cuando se malogró la relación con sus amos ostrogodos. Por desgracia, no hubo más intentos de traducción durante cinco siglos.

Durante ese largo período de tiempo, cada vez quedaban menos personas en Occidente con conocimiento de la lengua griega. Pero, gracias a las condiciones más estables del siglo XII, se inició un pequeño filón de traducciones importantes del griego al latín que hizo que el saber antiguo reapareciera.

Como resultado de las tentativas relaciones comerciales que Venecia estableció con el Imperio bizantino, por esa época se establecieron nuevos contactos entre Europa occidental y el mundo oriental de habla griega. Jacobo de Venecia, un estudioso veneciano, aprendió el griego suficiente para emprender la primera traducción al latín de la *Física* de Aristóteles. Sobre la misma época, el emperador bizantino donó un ejemplar del *Almagesto* de Ptolomeo al rey de Sicilia, donde fue posible traducirlo gracias a que todavía se hablaba un poco de griego en la región. El conocimiento del saber clásico seguía siendo limitado, pero pronto iba a llegar mucho más allá gracias a los diversos puntos de contacto que el Occidente cristiano mantuvo con su rival islámico, culturalmente superior (*véanse* las págs. siguientes).

*Curiosamente, el inventario de la biblioteca de Regiomontano registra ejemplares de la *Aritmética* y *Música* de Boecio (*véase* la pág. 55).

# LOS PRIMEROS TRADUCTORES

Durante los primeros años de la Edad Media el mundo islámico era muy superior en los campos de la ciencia y la medicina si se lo compara con la Europa occidental, donde la vida intelectual había estado en declive durante varios siglos. Pero hacia el siglo XII los estudiosos occidentales iban sabiendo cada vez más sobre el conocimiento islámico de los clásicos, y una serie de entusiastas y decididos eruditos fueron en pos del mismo.

Para los cristianos fue más fácil encontrar traducciones de obras griegas tras la conquista de Toledo en 1085. Ese fue un momento crucial para el desarrollo de la ciencia en la Europa occidental. Bajo el dominio del califato, Toledo había gozado de una era dorada, famosa por su tolerancia y por la coexistencia de sus habitantes judíos, cristianos y musulmanes. Tras su caída ante el rey cristiano Alfonso VI, consiguió sobrevivir como centro de intercambio cultural, albergando numerosas escuelas de traductores que atraían a eruditos de diversas partes de la Europa occidental. Sicilia era otro punto importante de contacto con la cultura islámica, y las Cruzadas, a pesar de su brutalidad, también dieron a conocer los valores más elevados y civilizados del mundo islámico. De hecho, uno de los principales estímulos para el avance científico y cultural de la época eran los contactos personales con la tradición islámica. Esos intercambios dieron como fruto importantes versiones en latín de traducciones árabes de originales griegos.

Uno de los eruditos y traductores más importantes fue Gerardo de Cremona (1114-1187). A mediados del siglo XII viajó a Toledo, donde aprendió árabe para poder consultar las numerosas bibliotecas que allí se encontraban. En el siglo XII España y Sicilia, durante mucho tiempo bajo dominio musulmán, tenían gobernantes cristianos pero mantenían bastantes poblaciones de habla árabe, lo que facilitaba la traducción. Gerardo dedicó su vida a traducir al latín importantes obras clásicas y sus comentarios árabes; se le atribuye el asombroso número de ochenta y siete traducciones. Roberto de Chester, otro monje, también viajó a España, donde llevó a cabo una recopilación de obras de fuentes árabes que, durante el siglo siguiente, utilizó el matemático y astrónomo Campanus de Novara (1220-1296) para reunir una versión razonable en latín de los *Elementos* de Euclides, un volumen que se convirtió en la versión más frecuentemente empleada hasta el siglo XVI.

Adelardo de Bath (1080-1150) viajó por Francia, Italia y el mundo islámico, y se le conoce por haber sabido recoger conocimientos de cada una de las escuelas de saber de esas regiones. Tradujo muchas obras matemáticas importantes del árabe al latín, entre ellas las de al-Khwarizmi, y se cree que fue uno de los primeros en introducir el sistema numérico

indoarábigo en Europa, aunque por esa época no se adoptó de forma general.

El mérito de la popularización de ese sistema se suele atribuir a Leonardo de Pisa, conocido como Fibonacci (1170-1250), quien lo descubrió durante sus propios viajes por el norte del África islámica, donde reconoció su utilidad y publicó sus hallazgos en un libro titulado *Liber abaci* (Libro del ábaco) en el año 1202. Ese novedoso sistema numérico, junto con los avanzados métodos de cálculo que presentaba este libro, tuvieron un profundo impacto en el pensamiento europeo y en sus prácticas de negocio.

Otros muchos estudiosos notables realizaron valiosas aportaciones individuales al resurgimiento del clasicismo en los siglos anteriores al Renacimiento, entre ellos Constantino el Africano, Jacobo de Venecia y Guillermo de Moerbeke. Pero la sospecha sostenida durante tiempo sobre las ideas «paganas» y la observancia de la iglesia de un escolasticismo formal solo se superaron gradualmente. El paso a una mayor receptividad y a toda una serie de nuevas y revitalizadas ideas quedó reflejado tanto en las ciencias como en las artes de Europa occidental, sobre todo en Italia, en el llamado «Protorrenacimiento».

## LA CULTURA DE LA ANTIGÜEDAD Y LOS COSMATI

El período de paz relativa que se inició en Europa occidental en el siglo XI abrió el camino a cierto resurgimiento cultural y económico durante el siglo XII. En Roma la dirección natural de ese renacer apuntó a la recuperación de la cultura de la Antigüedad, y se emprendió un programa de reconstrucción con la ambición de restaurar la Roma cristiana al nivel anterior de su pasado pagano. A pesar del respaldo de los pontífices, quienes realizaron auténticos esfuerzos por conseguirlo fueron los hábiles artesanos de los gremios y talleres que se habían establecido entre las ruinas de la ciudad antigua. Entre las diversas familias que trabajaban el mármol hay que destacar a los Cosmati. Estos, como artistas y artesanos, se tomaban muy en serio sus proyectos, estudiando los edificios en ruinas de la antigua Roma que les rodeaban y descubriendo técnicas propias para la realización de complejos pavimentos de mosaico y otros motivos de decoración arquitectónica. Había otros ejemplos además de los de Roma para su investigación, entre ellos los bonitos mosaicos de tradición bizantina de Rávena y Sicilia y la obra de artesanos musulmanes, también en Sicilia.

**ARRIBA:** pavimento de mosaico cosmatesco.

Los Cosmati eran escultores y arquitectos por derecho propio, y también participaron en el rescate de material antiguo de los monumentos clásicos romanos (muchas esculturas antiguas que hoy día están expuestas en los museos todavía llevan su marca). Roma y alrededores fueron el principal centro de producciones cosmatescas, donde aún se ven muchas, pero los Cosmati también recibieron encargos de pavimentos desde la Toscana y Campania y trabajaron en la lejana Inglaterra, donde crearon complejos pavimentos para la abadía de Westminster y la catedral de Canterbury, que todavía se conservan. Esta maravillosa tradición floreció en Roma hasta la partida del papado hacia Aviñón en 1305, pero sus suelos de *marmorari romani* se siguieron elaborando hasta el Alto Renacimiento.

Los artistas del Renacimiento eran aficionados a los pavimentos de mosaico cosmatescos, que se pueden observar en muchas de sus pinturas, como en el *Pentecostés* de Giotto di Bondone y *Los embajadores* de Hans Holbein.

# EL NEOPLATONISMO Y SU INFLUENCIA EN EL ARTE MEDIEVAL EUROPEO

En un principio se siguió enseñando el platonismo en Atenas durante la época romana, aunque posteriormente entró en declive. A principios del siglo V, la Academia fue restablecida por los neoplatónicos, un grupo de filósofos que se consideraban sucesores directos de una tradición que se remontaba a Platón, aunque de dudosa continuidad real. El término *neoplatónico* es relativamente moderno, y aunque sus seguidores claramente se mantuvieron en la tradición racionalista griega, tenían la mirada puesta en los aspectos más espirituales del platonismo. Creían que el alma racional podía obtener conocimiento directo del reino de las formas platónico, y en general su objetivo era escapar del mundo en lugar de implicarse en él. Era una forma de religión personal y muy cerebral, sin plegarias, ritos ni celebración comunitaria. A pesar de ello, numerosos aspectos de su enseñanza, en especial los de la purificación interior, se incorporaron a la teología cristiana más tarde.

El primero en desarrollar la filosofía neoplatónica fue Plotino de Alejandría, descrito por un contemporáneo como «sintiendo vergüenza de existir en un cuerpo». En su opinión, el auténtico yo pertenece al intelecto, que es eterno e independiente del cuerpo. Esto se convirtió en una filosofía de enorme influencia en el mundo helénico, y con el tiempo el neoplatonismo influyó en muchos de los primeros pensadores cristianos. Algunos de los primeros padres de la iglesia, como Clemente y Orígenes (ambos de Alejandría), intentaron hacerse con el poder de este legado platónico y alejarlo de los filósofos paganos, pero fue san Agustín quien finalmente lo vinculó con el cristianismo. La escuela neoplatónica de Alejandría pervivió hasta las conquistas islámicas del siglo VII, y demostró ser un fermento para el pensamiento musulmán igual que lo había sido para las creencias cristianas.

## LA TEORÍA DE LA LUZ DEL ABAD SUGER

En algún momento entre 1135 y 1144, el abad Suger inició la reconstrucción de la basílica de Saint-Denis (San Dionisio) cerca de París, una obra maestra que actualmente se considera el origen de un estilo arquitectónico llamado gótico. Por suerte, las ideas que llevaron a Suger a emprender este ambicioso proyecto están perfectamente presentadas en dos relatos autobiográficos que se han conservado. Resulta evidente que el abad estaba profundamente influido por un autor anterior, el cristiano neoplatónico Dionisio Areopagita (*véase* el recuadro de la pág. 27). Inspirado por las ideas neoplatónicas de Dionisio, el abad Suger desarrolló una filosofía arquitectónica conocida como *anagogicus mos*, «el método que conduce hacia arriba». Es decir, el edificio de la iglesia debía reflejar nociones de un universo ascendente, imbuido de luz; «la obra debería iluminar noblemente sus corazones para que puedan alcanzar la única y verda-

dera luz». Por eso los rosetones siempre ocupaban un lugar preferente en la arquitectura gótica: el objetivo pasó a ser la realización del mayor número posible técnicamente, y del mayor tamaño. Su propósito era despertar en el visitante el deseo de pasar «de lo material a lo inmaterial», ofreciendo un anticipo del Cielo. En palabras del abad Suger, «La mente opaca asciende hacia la luz mediante lo material, y al ver esta luz resucita de su anterior sumersión».

Los vitrales de colores se venían utilizando con moderación en las iglesias románicas desde el siglo XI, pero las innovaciones góticas de las bóvedas de crucería y los arbotantes ofrecieron la posibilidad de rosetones de mayor tamaño y cada vez más luminosos. La forma, que apareció por vez primera en la basílica de Saint-Denis de Suger, se deriva de un estilo de ventana anterior denominado «la rueda de la fortuna», pero la impresión que se obtiene de un rosetón es totalmente distinta. Mientras que la rueda alude al cambio constante, para bien y para mal, la rosa, especialmente cuando estalla de color, ofrece trascendencia. Es posible que también fuera una referencia consciente a Plotino, que en sus *Enéadas* expresa un gran interés por los centros incognoscibles de círculos y esferas. Los rosetones, como pieza central de la visión neoplatónica de Suger, fueron adoptados muy pronto por los constructores de catedrales de todo el norte de Francia, y el formato rápidamente llegó a Inglaterra, Italia, España y Alemania.



**ARRIBA:** rosetón de la catedral de Chartres, expresión definitiva de la filosofía neoplatónica del *anagogicus mos* del abad Suger.

## DIONISIO AREOPAGITA

Dionisio fue un neoplatónico cristiano de finales del siglo V; es posible que fuera un discípulo de Proclo, residente en Constantinopla. Su logro fue reinterpretar el canon completo del pensamiento pagano neoplatónico en un nuevo orden cristiano. Dionisio, conocido actualmente como Pseudo Dionisio, no pretendió ser un innovador, sino simplemente el comunicador de una tradición. Sus tratados teológicos, aunque muy influyentes, resultan engañosos puesto que se presentan como provenientes del Dionisio Areopagita bíblico, discípulo de san Pablo.

En el siglo IX, Juan Escoto Eriúgena tradujo al latín la obra de este autor anónimo. Aunque básicamente se trata de una falsificación, tuvo una enorme influencia sobre la cristiandad mística del período medieval, y de hecho se convirtió en un clásico de la espiritualidad occidental. Dionisio destacó la trascendencia de Dios y la imposibilidad de aprehender su esencia con solo el lenguaje, aunque en su propio escrito emplea elocuentes imágenes poéticas y una exposición imaginativa de las ideas. Su teología era «negativa», en el sentido de que tendía a afirmar únicamente lo que Dios *no* podía ser, un enfoque que tuvo mucha aceptación en los siglos posteriores.

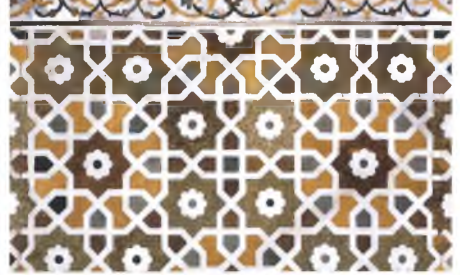
# EL NEOPLATONISMO Y SU INFLUENCIA EN EL ARTE ISLÁMICO

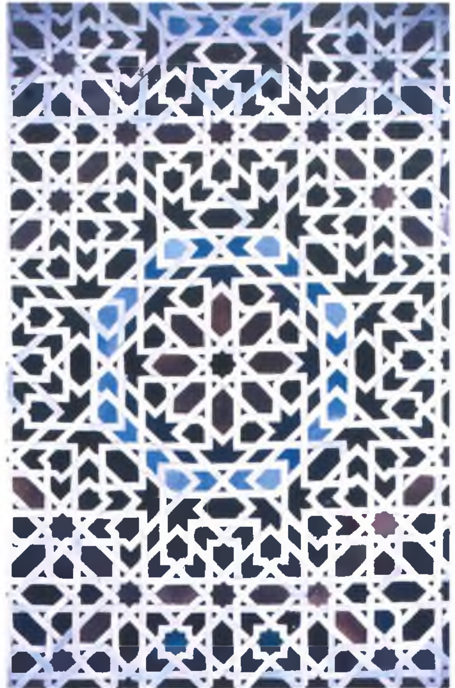
Para cuando los eruditos musulmanes se encontraron con el pensamiento griego, hacía ya tiempo que las ideas neoplatónicas ejercían una poderosa influencia en el Oriente Medio. Eso significó que los primeros encuentros islámicos con la filosofía griega tendieron a ser vistos a través de la lente, por así decirlo, de esas doctrinas posteriores. Con el tiempo los estudiosos musulmanes pudieron acceder al material original y discriminar y formar sus propias visiones de las filosofías griegas. Gracias a su compatibilidad con las creencias islámicas, el platonismo —y también el neoplatonismo— cobró popularidad. El concepto platónico de que lo auténticamente bello no se podía transmitir por ningún tipo de representación o imaginación, de que debería expresar como mínimo parte de la cualidad de las Formas de Platón, parecía resonar con las emergentes preferencias estéticas musulmanas. Es imposible determinar con cierto grado de precisión cómo las nociones platónicas sobre la belleza trascendente influyeron sobre las expresiones del arte y la arquitectura islámicas. Pero la preocupación de esta última por la simetría, la geometría, el espacio, la luz y la disolución de la forma material, presentes incluso en las más tempranas expresiones artísticas, posee un eco claramente platónico.

Las nociones neoplatónicas de que el universo emanó de Dios en etapas de manifestación espiritual y después material, poseían un atractivo especial para ciertos místicos islámicos *(sufís)*. Esos conceptos religiosos ofrecían la posibilidad de que el ser humano lograra, desarrollando el conocimiento interior apropiado, ascender mediante estadios sucesivos de conciencia material y espiritual hasta la visión final y beatífica de Alá. Esas ideas eran cuestionadas, sobre todo por quienes sostenían creencias más ortodoxas, en especial por lo que se refiere a los aspectos *emanacionistas* del neoplatonismo, que se consideraba que chocaban con la doctrina coránica. A pesar de ello, el pensamiento neoplatónico quedó integrado en la corriente teológica islámica, en especial gracias a la influyente figura de Ibn Sina, conocido en Occidente como Avicena.

Es de lamentar que no existan relatos biográficos de arquitectos de los períodos formativos del arte y la arquitectura islámicos, por no hablar de los mismos artesanos, y no es de extrañar que estos últimos dejaran muy pocos documentos describiendo sus prácticas de trabajo. Como resultado de todo ello, no existen indicios que apunten a si sus métodos estaban influidos por alguna teoría general. Los patrones geométricos, los arabescos y la caligrafía, que tan destacado papel han desempeñado en ese arte, generalmente provenían de las tradiciones de los talleres y se transmitían de generación en generación. Las reglas no escritas de ese canon decorativo







Ornamento decorativo geométrico, la expresión más consumada del arte islámico. **ILUSTRACIÓN SUPERIOR:** complejo *minbar* (púlpito) de madera noble y marfil, Egipto. **ARRIBA:** incrustación de mármol de la tumba de *Itimud ad-Daula*, Agra, India. **DERECHA:** panel de mosaico cerámico de Fez, Marruecos.

y las habilidades precisas para crearlo serían como una segunda naturaleza para los artistas y artesanos, y probablemente constituían en muchos casos un secreto profesional.

El concepto central de la corriente platónica de pensamiento implicaba la asociación de formas ideales y belleza, y se interesaba principalmente por la pureza de las formas geométricas como expresión de tales conceptos. Todo ello tuvo una influencia muy importante en los temas conceptuales del arte islámico. Con su geometría pura, jugando perpetuamente con su danza simétrica en el contexto del plano euclidiano, este género parece ser platónico por excelencia. Un tema aparte, y seguramente imposible de llegar a determinar, es llegar a conocer cómo se llegaron a transmitir exactamente estas especulaciones filosóficas originales y nobles al nivel artesanal de la sociedad.

En el pensamiento islámico posterior se produjeron numerosos y conscientes intentos de eliminar la influencia de filosofías clásicas tempranas y posteriores a favor de opiniones religiosas más ortodoxas. Pero esa primera confluencia de ideas, en especial la asociación de la geometría con la belleza trascendente, siguió ejerciendo una influencia sobre gran parte de su arte.

## NEOPLATONISMO EN EL PENSAMIENTO ISLÁMICO

En algún momento del siglo IX apareció en el mundo islámico una obra filosófica anónima que estaba destinada a ejercer una enorme influencia en el desarrollo de la filosofía islámica: el *Kalâm fi mahd al-khair*, también denominado *Libro de las causas* o *Libro de la bondad pura*. La obra tenía un tono neoplatónico y se derivaba en gran parte de dos textos neoplatónicos: los *Elementos de teología* de Proclo y las *Enéadas* de Plotino. Esta obra fue influyente porque apareció en un medio islámico que ya había absorbido gran parte del pensamiento de la filosofía clásica griega y estaba muy familiarizado con él.

El matemático al-Kindi (801-873) fue el más importante de los filósofos islámicos tempranos y el primero en presentar el neoplatonismo descrito en el *Libro de las causas* en términos puramente islámicos. La versión de al-Kindi del neoplatonismo hacía hincapié en la naturaleza trascendente de Alá, pero el autor se esforzó por destacar la compatibilidad entre tradiciones filosóficas más antiguas y los preceptos de la doctrina islámica ortodoxa. Su misión era reconciliar sus respectivas cosmovisiones.

El neoplatonismo islámico alcanzó su apogeo con al-Farabi (872-950), quien desarrolló una compleja filosofía que unía el emanacionismo de Plotino con los sistemas cosmológicos de Aristóteles y Ptolomeo. El emanacionismo, estrechamente asociado con el neoplatonismo, es un modelo religioso-filosófico según el cual todas las cosas se derivan o fluyen de un Primer Principio, que en la esfera islámica se identificaba de forma natural con Alá.

Otros filósofos islámicos fueron influenciados por el neoplatonismo, por obras que a su vez tuvieron una gran repercusión en el pensamiento europeo medieval. Entre ellos se cuentan Avicena (Ibn Sina), Averroes (Ibn Rushd), al-Razi y al-Tusi. Pero en el mundo islámico esa corriente de pensamiento un tanto racionalista chocó con una reacción negativa...

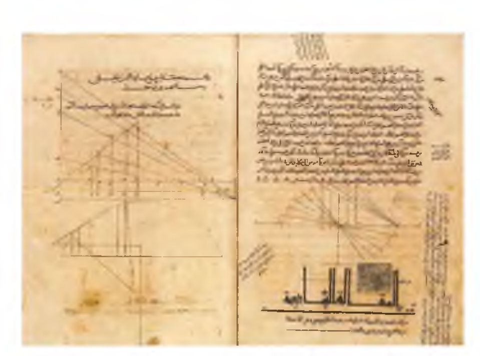
En el siglo XI el *mujaddid* o renovador de la fe al-Ghazali, en su obra *La incoherencia de los filósofos*, atacó a toda la tradición filosófica griega definiéndola como una forma de herejía y destacando los principios emanacionistas del neoplatonismo como especialmente incompatibles con los textos coránicos. Aunque era una crítica filosófica rigurosa, la obra de al-Ghazali supuso un giro importante para la epistemología islámica, que se alejaba del racionalismo. Pero para esa época las actitudes filosóficas clásicas ya habían sido bien asimiladas en la corriente principal del pensamiento islámico, irónicamente también por el propio al-Ghazali, que empleó los métodos dialécticos clásicos para sus refutaciones. Los preceptos neoplatónicos continuaron influenciando en la cultura islámica de muchas y sutiles formas. El gran interés del arte islámico por los misterios de la geometría puede considerarse parte de ese legado perdurable. No parece probable que las complejas ideas de los esquemas religioso-filosóficos del neoplatonismo resultaran de interés para la mayoría de los artistas y artesanos musulmanes, pero se diría que sus tradiciones artísticas habían absorbido parte de sus conceptos generales por una especie de ósmosis cultural. También hay que destacar que el flanco místico del Islam, el sufismo, estaba profundamente influido por el neoplatonismo. Muchas órdenes sufís compartían la idea de que el ser humano era capaz, mediante el desarrollo de un conocimiento interior apropiado, de ascender mediante estadios sucesivos de manifestación, primero material y después espiritual, hasta la visión final de Alá.

# CIENCIA Y MATEMÁTICAS ISLÁMICAS

El movimiento de traducciones con sede en la *Bayt al-Hikma* de Bagdad (*véase* la pág. 21) significó que los logros griegos en los campos de la ciencia, las matemáticas y la filosofía quedaron totalmente integrados en el conocimiento islámico. Los musulmanes leyeron con entusiasmo las obras de Platón, Aristóteles y las escuelas filosóficas que los sucedieron (estoicos, neopitagóricos y neoplatónicos), y esas ideas tuvieron un impacto tan profundo en el pensamiento teológico y político del mundo musulmán como anteriormente lo habían tenido en el Occidente cristiano. Consideraron que gran parte de la filosofía tanto de Platón como de Aristóteles era compatible con las creencias islámicas fundamentales. Los musulmanes también mostraron un gran respeto por los logros científicos de eminencias como Euclides, Arquímedes y Ptolomeo, y se consideraron los herederos de esa tradición. Incluso en el mundo islámico actual se hacen referencias a Aristóteles como «el primer maestro».

Ya se han mencionado los significativos avances realizados por los eruditos árabes basándose en el conocimiento científico griego que habían heredado; los del campo matemático son especialmente notables. Esto se debe en parte a que los primeros eruditos islámicos también tuvieron acceso a tradiciones matemáticas de otras culturas aparte de la griega, como las de Persia, Babilonia y la India.

El álgebra *(al-jebr)* aparece en uno de los primeros puestos de la lista de innovaciones matemáticas



**ARRIBA:** tradución árabe de *Las Cónicas* del geómetra griego alejandrino Apolonio (262-180 a. C.).



**ARRIBA:** traducción árabe de los *Elementos* del matemático griego alejandrino Euclides (323-283 a. C.).

procedentes del Islam medieval. El álgebra, asociada con el genio matemático Al-Khwarizmi, fue un concepto original y revolucionario que amplió notablemente el campo de las matemáticas. Permitió que los números, tanto racionales como irracionales, y las magnitudes geométricas fueran considerados entidades algebraicas, y como tales hicieron avanzar las matemáticas a partir de sus orígenes en la Grecia clásica, cuando se basaban esencialmente en la geometría. Al-Khwarizmi, que dio su nombre al término *algoritmo*, también fue quien introdujo el sistema de numeración decimal. Sus sucesores, en especial Omar Khayyám y Sharaf al-Din al-Tusi, elevaron el álgebra a un nivel de sofisticación todavía mayor.



**ARRIBA:** páginas de *Tadhkira fi 'ilm al-haya*, o *Memorias sobre astronomía*, del polifacético erudito persa del siglo XIII Nasir al-Din al-Tusi. Entre otros logros, al-Tusi escribió la primera obra no astronómica sobre álgebra. Su obra astronómica ejerció una gran influencia sobre Copérnico, y él fue el primero en proponer la teoría de que la Vía Láctea abarca un inmenso número de agrupaciones estelares.

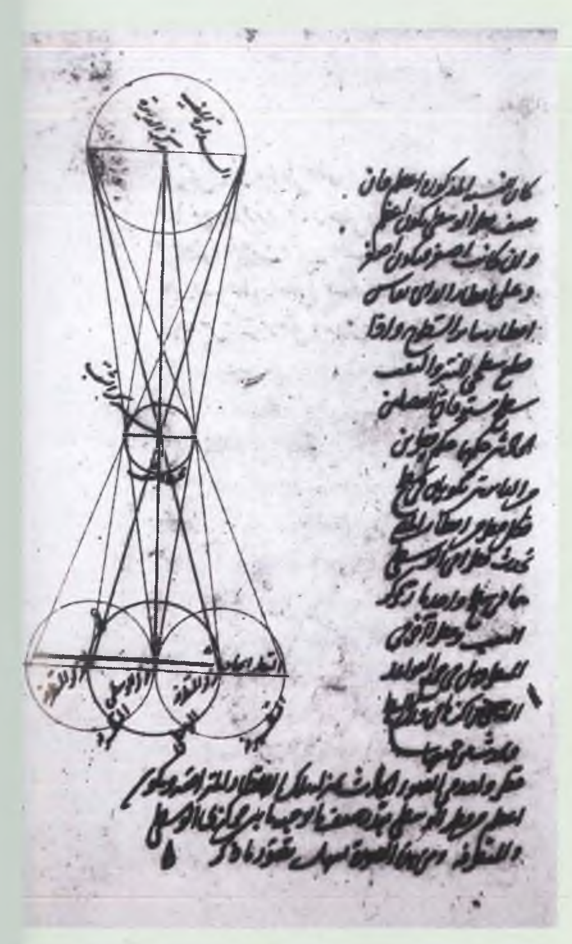
## IBN al-HAYTHAM

Pocas figuras son tan merecedoras del término *polifacético* como Ibn al-Haytham, y pocos eruditos como él realizaron su obra bajo circunstancias tan difíciles. Ibn al-Haytham nació en Basra, Iraq, donde consiguió fama por sus matemáticas aplicadas. Esta habilidad le llevó a Egipto, donde consiguió empleo con el califa fatimí Al-Hakim. Un exceso de confianza en sus propias capacidades le llevó a un intento desafortunado de regular la crecida anual del Nilo, pero pronto se dio cuenta de la futilidad de esta empresa. Temiendo por su vida a manos de Hakim, famoso por sus caprichos, fingió ser presa de la locura y fue puesto en estricto arresto domiciliario durante los once años siguientes. Durante ese tiempo, bajo constantes amenazas de castigos cada vez más crueles, escribió su *magnum opus*, los siete volúmenes del *Kitab al-Manazir*, o *Libro de óptica*.

Cuando murió Hakim, el califa loco, en circunstancias típicamente misteriosas, Ibn al-Haytham asumió su cordura y reemprendió sus estudios científicos en un ambiente más tranquilo. Siguió escribiendo muchos tratados trascendentales sobre óptica, medicina y astronomía, entre ellos el profético *al-Shkuk 'ala Batlamlus*, o *Dudas sobre Ptolomeo*.

### EL *KITAB al-MANAZIR* DE IBN al-HAYTHAM

Escrito originalmente entre 1011 y 1021, cuando el autor se encontraba bajo arresto domiciliario en El Cairo, esta obra pionera y fundamental, la más destacada de las muchas escritas sobre el tema en el mundo islámico, sentó las bases de la comprensión moderna de la óptica. Fue traducida al latín entre finales del siglo XII y principios del XIII por Gerardo de Cremona, entre otros, y tuvo una gran influencia en Occidente, como veremos más adelante. Entre sus muchas especulaciones originales describe por primera vez de forma correcta el proceso de la visión, es decir, de los rayos de luz que emanan de un objeto y que capta el nervio óptico. El concepto geométrico de Ibn al-Haytham sobre el lugar como extensión geométrica, del cual la luz se proyecta en forma



**ARRIBA:** diagrama de una cámara oscura, cuyos principios fueron descritos por primera vez por Ibn al-Haytham en su *Libro de óptica*. Un científico posterior, Kamal al-Din al-Farisi, amplió la investigación pionera; él es el autor de esta ilustración.

cónica hacia el ojo *(makhrut al-shu'a)*, posteriormente constituyó la base de la noción de perspectiva. Debido a su tratamiento riguroso del tema, el *Kitab al-Manazir* se considera ahora uno de los libros más influyentes de toda la ciencia. Ibn al-Haytham fue un erudito polifacético a quien se atribuyen un mínimo de noventa y dos libros sobre una gran variedad de temas, incluyendo el de las figuras geométricas. Sus teorías sobre óptica se basaban en una serie de experimentos con lentes, espejos, refracción y reflexión, y como resultado de ello se le considera «el padre de la óptica moderna». Su labor en ese campo, originalmente basada en la de Ptolomeo, sobrepasó en gran medida la de su antiguo predecesor y lo convirtió en la principal autoridad en óptica durante más de 500 años. Los métodos de Ibn al-Haytham, basados en la construcción de mecanismos y en la comprobación repetida de sus resultados, también introdujeron un nuevo enfoque hacia la investigación científica que por sí mismo tuvo una enorme repercusión. Su *Libro de óptica* sirvió como obra de referencia para las teorías de pioneros de la ciencia occidental, entre ellos Roger Bacon, Johannes Kepler, Isaac Newton y René Descartes.



# FLORENCIA EN EL QUATTROCENTO

En el centro de esta gran transferencia de conocimiento figuraban las obras filosóficas de Platón y las de sus seguidores neoplatónicos. Como hemos visto, el legado clásico no se había olvidado del todo en Occidente durante la Alta Edad Media, pero el conocimiento que se tenía de sus textos tendía a ser incompleto y de segunda mano. Solo unos pocos eruditos sabían griego, y las traducciones al latín eran escasas y difíciles de conseguir. Esto cambió en el último período medieval gracias a un aumento de la concienciación y a un enorme entusiasmo por textos difícilmente accesibles de fuentes bizantinas e islámicas. Pero los acontecimientos que tuvieron lugar en Oriente pronto harían más asequible un mayor volumen de material.

A partir de la década de 1400, como resultado de los disturbios provocados por las incursiones turcas en territorio bizantino, empezaron a aparecer en Italia manuscritos griegos previamente desconocidos. Cuando Constantinopla cayó por fin en manos de los turcos en 1453, muchos eruditos bizantinos huyeron a Italia llevando consigo grandes cantidades de manuscritos. Esos eruditos y sus inestimables volúmenes fueron bien recibidos, especialmente en Florencia, donde algunos de ellos se convirtieron en celebridades intelectuales. La mayor parte de la literatura griega que había sobrevivido y que incluía clásicos de la filosofía, matemáticas, poesía y obras teatro, de repente se hizo asequible. La entrada de esa riqueza de conocimientos estimuló la demanda



de traducciones, que a su vez fomentaron el debate y la divulgación de ideas, de forma muy parecida a lo ocurrido en Bagdad en el siglo IX.

Florencia, con el filósofo neoplatónico Marsilio Ficino (1433-1499) como su figura principal, se convirtió en el centro de ese gran movimiento huma nista. En 1462 Cosme de Médici, gobernador *de facto* de Florencia, fundó una Academia para el estudio de Platón. A Ficino, que fue nombrado director, se le ofrecieron los treinta y seis diálogos de Platón en griego, que él mismo transcribió al latín en el espacio de siete años. Posteriormente tradujo y anotó todas las obras de los principales autores neoplatónicos, junto con una colección de manuscritos de la tradición hermética (*véase Corpus hermeticum*, pág. 86). Todas esas traducciones junto con sus comentarios forman la incalculable aportación al saber y al humanismo de Ficino, quien pronto adquirió fama a nivel internacional.

El resurgimiento del interés por el arte y el saber clásicos en Europa occidental había empezado a cobrar impulso en los siglos anteriores, pero las gotas que habían aparecido cuando se empezaron a derretir las actitudes largamente congeladas se convirtieron en un torrente en la Florencia de principios del siglo XV. Muchos de los importantes cambios que se asocian con el Renacimiento nacieron allí, y la ciudad siguió estando en la vanguardia de los avances en arte y cien-



**ARRIBA:** detalle de *Zacarías en el templo* de Ghirlandaio que muestra a Marsilio Ficino y a otros notables florentinos.

**ABAJO:** la Florencia del siglo XV a vista de pájaro.

cia. «Este siglo, como una edad de oro, ha devuelto a la luz las artes liberales, que casi se habían extinguido: gramática, poesía, retórica, pintura, escultura, arquitectura, música... y todo esto en Florencia», decía Marsilio Ficino en una carta escrita a un amigo en 1492.

## EL HUMANISMO

El movimiento intelectual que se conoció como Humanismo marcó un giro histórico alejándose del escolasticismo medieval y reavivando el interés por los valores y los logros de la Antigüedad clásica. Los textos clásicos redescubiertos que Marsilio Ficino había traducido desempeñaron un papel destacado en ese proceso, pero desde un buen principio esos textos, aunque admirados, no se consideraron sacrosantos, sobre todo si se compara con el modo en que los escolásticos habían venerado las obras filosóficas de Aristóteles. El mero volumen de material disponible significó que Platón y Aristóteles fueran revalorizados, pero también que otros muchos textos no filosóficos, como los de Arquímedes, Ptolomeo y Tácito, abrieran el debate sobre nuevas áreas de la literatura y la erudición. Además, con la disponibili-

## LOS MÉDICI Y EL MECENAZGO

Los miembros de la familia Médici iniciaron su memorable carrera en el siglo XIV como mercaderes de lana toscanos, pero en ese mismo siglo empezaron a trabajar en el campo de la banca y a finales del mismo habían fundado su propio banco. En virtud del astuto e implacable sentido comercial de la familia, el Banco Médici pronto se convirtió en la más importante institución financiera de Europa —nada más y nada menos que banqueros del Papa—, y gracias a ello la familia adquirió un considerable poder político, llegando a tener a Florencia bajo su control. Los Médici fueron igual de ambiciosos y codiciosos, y sus vidas fueron tan turbulentas como las de muchas otras grandes casas nobles italianas de la época, pero destacaron por su extraordinario historial de mecenazgo, tanto en el campo de las artes como de las ciencias. A pesar de sus inmensas ambiciones políticas, los Médici crearon un entorno donde pudo florecer el Arte y el Humanismo; su nombre es sinónimo del inicio del Renacimiento italiano. La lista de las figuras más eminentes que se beneficiaron de su generosidad resulta impresionante. En el campo de las artes, Juan de Médici apoyó a Masaccio en un momento de su corta carrera y encargó a Brunelleschi la reconstrucción de la basílica de San Lorenzo. Cosme de Médici patrocinó a Donatello y Fra Angelico. Su nieto Lorenzo, «el Magnífico», fue mecenas de Leonardo da Vinci durante siete años, y también le encargó obras a Botticelli y a Miguel Ángel (este disfrutó del patrocinio de varios miembros de la familia Médici).



**ARRIBA:** retrato de Lorenzo de Médici, por Agnolo Bronzino.

En el campo de la filosofía, Cosme de Médici fundó la nueva Academia Platónica florentina y puso a Ficino a su cabeza, un hecho que abrió las puertas a la revolución del pensamiento humanista. En el campo de las ciencias, la familia Médici patrocinó muchos años a Galileo Galilei, quien, con sus opiniones heréticas, gozó de protección ante la Iglesia mientras estuvo en la corte de los Médici, donde fue tutor de tres generaciones de sus hijos.



## LA ACADEMIA FLORENTINA

La Academia de Ficino tenía su sede en la villa que los Médici poseían en Careggi, a las afueras de Florencia. Se convirtió en un centro donde los miembros humanistas del «círculo Careggi» conversaban de forma regular e informal, adoptando conscientemente el estilo de los protagonistas de los diálogos de Platón. El grupo no estaba organizado de manera formal ni existe una lista completa de sus miembros, pero Cosme de Médici era un entusiasta defensor de los filósofos y de otros estudiosos del movimiento humanista, y muchos de los notables florentinos acudían a las charlas y reuniones de la Academia. Las traducciones al latín de Ficino, especialmente las de Platón, habían facilitado el acceso a las obras de la filosofía clásica, y eso había atraído hasta Florencia a estudiosos de toda Italia e incluso de más lejos.

La subsiguiente influencia de este movimiento académico fue inconmensurable. Las propuestas filosóficas de Ficino, que consiguieron reconciliar el cristianismo con la filosofía pagana clásica, fueron tan importantes como sus traducciones a la hora de generar interés por Platón.

Las obras de Ficino pronto se leyeron en toda Europa y el ejemplo de su Academia tuvo sus réplicas en otros centros. Entre otros efectos, esto estimuló el resurgimiento de un interés por las matemáticas y por el mundo natural; el estudio, el debate y la investigación prosperaron. Asimismo, el reciente medio de la imprenta contribuyó a la rápida difusión de nuevas ideas y modos de pensar. Una nueva época de la civilización europea estaba naciendo, y la Academia se encontraba en la vanguardia de ese movimiento.

**ARRIBA:** Villa Careggi, la casa de los Médici que albergó la Academia de Marsilio Ficino.

dad de textos sobre asuntos prácticos (por ejemplo, matemáticas, agricultura, el arte de la guerra, arquitectura, hidráulica, etc.), prácticamente no existía aspecto alguno de la vida que no se beneficiara de esa inmensidad de conocimientos. El estilo literario de las obras clásicas también influyó; la forma del diálogo, por ejemplo, inspiró toda una nueva literatura que trataba de cualquier tema imaginable, desde el arte y la guerra hasta las matemáticas y la metalurgia. Además de estimular la investigación académica y tecnológica, las actitudes humanistas introdujeron una nueva perspectiva moral, un tipo de código de conducta que implicaba autocontrol y moderación, y una apertura a sistemas de pensamiento como el neoplatonismo y el hermetismo, cuyos textos también habían sido traducidos en la Academia de Ficino. La invención de la imprenta consolidó y propagó la visión humanista. Las traducciones de autores clásicos y los propios textos de los estudiosos humanistas eran asequibles, y ello iba a tener amplias repercusiones en la vida intelectual, primero en Italia y pronto también en toda Europa. Al poco tiempo ya se esperaba de todo hombre educado que tuviera cierto conocimiento y apreciación de la filosofía clásica, así como una comprensión razonable de las artes, las ciencias y la ley civil. Aunque el Humanismo, en esencia, presentaba los ideales de una civilización pagana ante otra cristiana, resulta sorprendente que surgieran tan pocos conflictos con la Iglesia. De hecho, muchos de los eclesiásticos estuvieron profundamente influidos por el Humanismo. Es evidente que se trataba de una idea que había llegado en el momento oportuno.

## TOSCANELLI Y SU CÍRCULO DE INTELECTUALES FLORENTINOS

La nueva Academia Platónica, fundada a petición de Cosme de Médici y encabezada por Marsilio Ficino, fue el más importante pero no el único foco de vida intelectual en la Florencia de finales del siglo XV. Se cree que Brunelleschi, el arquitecto del nuevo duomo, colaboró en el proyecto del matemático y astrónomo Paolo dal Pozzo Toscanelli, que tenía su propio círculo de intelectuales afines. El mismo Toscanelli, ampliamente considerado el matemático más distinguido de su tiempo, era un pensador excepcional y clarividente con intereses muy diversos. A lo largo de su vida fue amigo de Nicolás de Cusa, un pensador humanista igualmente profundo, de Leon Battista Alberti y del propio Ficino.

Toscanelli fue el primer europeo en proponer que se podía llegar a la India, a China y a Japón navegando hacia el oeste, y Cristóbal Colón le consultó antes de emprender su famosa travesía. Además de cosmógrafo pionero, Toscanelli fue un destacado astrónomo que realizó observaciones y cálculos ajustados durante un largo período de tiempo. Muy poca cosa se conserva de su obra, pero un tratado breve sobre sus investigaciones de las propiedades ópticas de las lentes, *Della prospettiva*, se cree que despertó el interés de Alberti por el tema. Este compartía el entusiasmo de Toscanelli por los textos clásicos, especialmente los matemáticos. Ambos se interesaron por la medición y la proporción, y Alberti presentó sus opiniones en su tratado arquitectónico *De re aedificatoria*.

Nicolás de Cusa, también matemático como Toscanelli y Alberti, dedicó dos tratados matemáticos al primero de ellos en 1445, y más adelante escribió un diálogo, *Sobre la cuadratura del círculo*, en forma de una discusión entre los dos amigos. Toscanelli mantenía correspondencia con el astrónomo alemán Regiomontano (*véase* la pág. 55), con quien discutió la esfericidad de la Tierra y la posibilidad de una ruta marítima hacia China en dirección oeste. Esos debates dieron como resultado la creación por parte de Martin Behaim, discípulo de Regiomontano, del primer globo terráqueo, aproximadamente por la misma época del famoso viaje de Colón al «Nuevo Mundo».

# LA MEDICIÓN DEL MUNDO: COSMOGRAFÍA RENACENTISTA

Durante el Renacimiento se realizaron una serie de adelantos que tendrían enormes implicaciones sociales. Uno de ellos, como hemos visto, fue la traducción del corpus completo de textos clásicos que habían sobrevivido. Pero también destacan extraordinarios hallazgos geográficos, como el descubrimiento de todo un Nuevo Mundo, y la radical innovación de la imprenta. Cada uno de estos avances tuvo lugar dentro del período renacentista (de finales del siglo XV a principios del XVI) y cada uno de ellos fue por sí solo el origen de importantes transformaciones, si bien todos interactuaron.

El redescubrimiento de antiguos textos matemáticos y el interés reavivado por Platón habían generado un nuevo entusiasmo por las matemáticas puras, y gracias a la imprenta se dio una divulgación sin precedentes de esas ideas. La exploración y la topografía requerían métodos más perfeccionados de navegación y cartografía, necesarios también para las crecientes demandas de los intercambios comerciales. La necesidad de nuevas habilidades contables para gestionar la mayor actividad comercial condujo a una revolución en la enseñanza.

Se abrieron nuevas escuelas de cálculo *(scuole d'abaco)*, dirigidas por humanistas, para impartir a los hijos de los mercaderes el conocimiento matemático que ahora se precisaba en ese campo. Como resultado se generó, por supuesto, un gran aumento



**IZQUIERDA:** este cuadro flamenco del siglo XVI titulado *Los medidores* muestra los valores prácticos de la geometría y las matemáticas en la vida cotidiana. La figura central es la de un fabricante de instrumentos con las herramientas de su oficio y rodeado por objetos que ha construido (alidada pivotante, compás de punta, escuadra de agrimensor, balanza, reloj de sol, cuadrante y globo terráqueo). Otras figuras miden la tela, pesan el grano e inspeccionan el contenido de varios recipientes.



**ARRIBA:** *Los embajadores* de Hans Holbein (1533) representa a sus protagonistas junto a una colección de los más modernos instrumentos, lo que refleja su condición de personas cultas y humanistas. En el estante superior de la mesa hay un globo celeste, un *torquetum*, un cuadrante, un reloj de sol poliédrico y otro cilindrico, todos empleados para hacer mediciones espaciales; en el inferior, al lado de instrumentos musicales, un globo terrestre y un libro de Apianus de aritmética (*véanse* las págs. 44-45). Este es quizá el cuadro más famoso de su índole, si bien la inclusión de tales artefactos en retratos de grandes personajes era algo bastante común a mediados del siglo XVI. Los instrumentos científicos, en particular los astronómicos, tenían una especial resonancia para quienes deseaban reflejar su compromiso con la cosmovisión emergente del Humanismo.

de la alfabetización y del conocimiento numérico, que a su vez fomentaba la industria editorial que lo sustentaba.

Matemáticas y contabilidad, totalmente entrelazadas durante el Renacimiento, experimentaron avances radicales durante este período. Se adoptó el sistema de numeración indoarábigo y los mercaderes fueron popularizando el sistema decimal, además de producirse una importante innovación de la contabilidad de doble entrada. Regiomontano (*véase* la pág. 55), en su obra *De triangulis omnimodis*, dio carácter matemático oficial a la trigonometría, que ya había resultado de utilidad en la navegación a finales del período medieval, y Rheticus, discípulo de Copérnico, la perfeccionó a mediados del siglo XVI. Estos avances en matemáticas teóricas y aplicadas, aunque radicales, tenían su paralelo en otro desarrollo más amplio, es decir, el nuevo énfasis en el conocimiento basado en la experiencia directa y en la observación racional. En palabras actuales, el Renacimiento tenía un carácter más «práctico», lo que fomentó una mayor fluidez de pensamiento y que las teorías se pusieran a prueba mediante la experiencia; todo ello representó un alejamiento de las tradiciones de aprendizaje escolásticas. Fueron estos cambios radicales en la manera de ver, comprender, medir y explotar el mundo los que sin duda justifican el nombre que se dio a este período: «Edad Moderna».




**ARRIBA:** durante el siglo XVI surgió en Europa un gran entusiasmo por la cartografía, de modo que casi se podría hablar de moda. Como resultado, hacia el tercer cuarto del siglo la impresión de mapas fiables era habitual. Mapamundi de Abraham Ortelius, 1570.

## INSTRUMENTAL CIENTÍFICO

La «cosmografía», en el sentido que se le daba en el Renacimiento, incluye astronomía, navegación, cartografía, topografía y medición del tiempo. Cada una de estas disciplinas experimentó grandes avances durante este período como resultado de los continuos progresos que se produjeron en los campos de matemáticas e instrumental científico. A principios del siglo XVI, tras el descubrimiento del Nuevo Mundo, empezaron a aparecer los primeros mapamundis y esferas terráqueas, y hacia mediados del siglo Gerardo Mercator ideó su famosa proyección. Este nuevo conocimiento se absorbió de forma tan rápida, que hacia el tercer cuarto del siglo los mapas impresos, con datos fiables, ya eran algo común. La geometría teórica y práctica desempeñó un papel destacado en todos estos avances. Las travesías y el trazado de mapas del mundo, que formalmente empezaron en la «Edad del Descubrimiento», fomentaron importantes mejoras en la cartografía, con el resultado de unos mapas de sofisticación suficiente como para que los marinos mercantes los utilizaran en sus travesías hacia las Américas y las Indias. También se perfeccionaron los instrumentos de navegación (astrolabio, brújula), y los tratados sobre navegación impresos (como el *Breve compendio de la sphera y de la arte de navegar* de Martín Cortés Albacar, 1551) se convirtieron en ayudas inestimables para la divulgación de información entre navegantes.

Los efectos de la exploración fueron espectaculares: exóticas plantas comestibles y otros bienes (sedas, porcelanas, especias) empezaron a aparecer en cantidades cada vez mayores, haciendo que el foco principal del comercio se trasladara del Mediterráneo al oeste de Europa. Derivado de ello, puertos como el de Amberes pronto convirtieron a sus ciudades en las más ricas del mundo.

Medidos por su efecto sobre la visión general que se tenía del mundo, los avances en astronomía del Renacimiento tuvieron incluso una mayor repercusión. La publicación de la cosmología heliocéntrica copernicana en 1543 fue un momento crucial, que se suele considerar el punto de transición de la era medieval a la moderna. Regiomontano (1436-1476), a quien generalmente se le atribuye el haber sentado las bases para este y otros aspectos de la revolución astronómica del siglo XVI, también desarrolló la trigonometría (las tablas de senos y tangentes que compuso les resultaron de gran utilidad a Copérnico y a Tycho Brahe, entre otros). Este brillante erudito ciertamente merece el epíteto renacentista de *uomo universalis*, puesto que también perfeccionó y construyó personalmente un astrolabio y una esfera armilar.

•

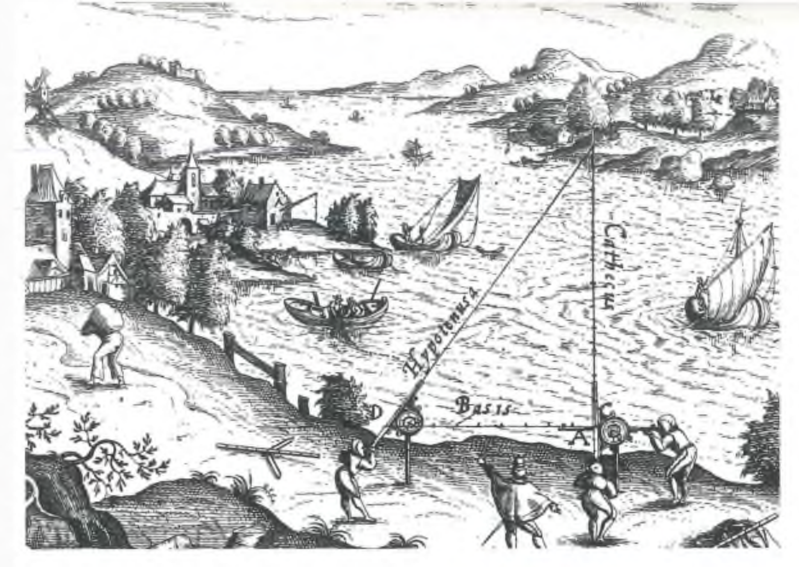
Durante esa época, el mayor interés por adquirir un conocimiento práctico del mundo tuvo lugar a la vez que toda una serie de importantes avances tecnológicos. Las traducciones de textos clásicos sobre agricultura, drenaje e irrigación, por ejemplo, fomentaron un nuevo entusiasmo por el cultivo de las haciendas. Se reactivó el interés por la jardinería, sustentado también por referencias a los preceptos clásicos. Como hemos visto, las técnicas de agrimensura perfeccionadas tuvieron un gran impacto en la forma en que se veía el mundo, por no hablar de la explotación de los recursos naturales en campos y los procesos relacionados, como la silvicultura y la extracción de minerales. Para bien o para mal, una de las características principales del Renacimiento fue un despertar del impulso intelectual por medir y explorar el mundo natural.

## FRISIUS Y LA TRIANGULACIÓN

En 1529, el polifacético holandés Regnier Gemma Frisius* publicó una versión corregida de la *Cosmographia* de Apianus, solo cinco años después de su publicación. Las correcciones eran de los mapas de las Américas, algo importante porque entonces se reconocía que esas tierras abarcaban no uno sino dos nuevos continentes. Pero es posible que Frisius creyera también que así su obra (una introducción general a la geografía, la astronomía, la topografía y los instrumentos relacionados con ellas) podría resultar más atractiva además de promocionar la venta de instrumentos técnicos y matemáticos fabricados en su taller. Su intuición demostró ser correcta. La versión revisada de la *Cosmographia* se vendió muy bien: se hicieron treinta y dos ediciones en numerosas lenguas extranjeras, convirtiéndola en el libro de texto matemático más popular del siglo XVI.

Las nuevas ediciones del libro contenían otro reclamo más, ya que Frisius utilizó sus páginas para anunciar su nuevo método de triangulación. Esta técnica, que permite fijar un punto en un paisaje empleando solo un lado y dos ángulos conocidos, no era un método totalmente novedoso de medir la tierra, pero gracias a la detallada exposición de Frisius se convirtió en la técnica estándar de la topografía.

*Regnier Gemma Frisius (1508-1555) fue filósofo, matemático, médico, cartógrafo y constructor de globos terráqueos y varios instrumentos de topografía.




**IZQUIERDA:** medición de la anchura de un río por triangulación. Levinus Hulsius (1546-1606).

Aunque menos espectacular que otros descubrimientos renacentistas de base matemática, los principios de la medición topográfica por triangulación, y los instrumentos desarrollados para la aplicación de la técnica, tuvieron el mismo efecto innovador. El éxito de *Cosmographia* supuso una gran divulgación de las ideas de Frisius. La idea de lanzar una red sobre un paisaje y medir enormes áreas desde la distancia, sin contacto directo, poseía un atractivo casi mágico. Pero también resultaba muy práctica. Las mediciones triangulares revelaron la proximidad exacta de una ciudad a otra y a continuación y por vez primera, las verdaderas relaciones geográficas de regiones enteras. Permitió a los príncipes circunscribir sus dominios, a los reyes trazar mapas de sus países y a los mercaderes calcular distancias. Por supuesto, el hecho de poder medir el mundo de esta manera cambió la percepción que el hombre tenía del mismo.

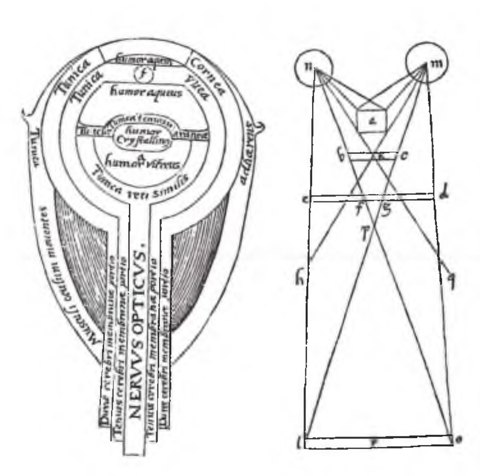



**IZQUIERDA:** diagrama del método de triangulación de Frisius; de las últimas ediciones revisadas de la *Cosmographia* de Apianus.

Matemáticos renacentistas posteriores siguieron perfeccionando las ideas de Frisius: por ejemplo, en Inglaterra, Robert Recorde y John Dee aportaron unas bases matemáticas adicionales que respaldaban el método, y Leonard Digges inventó el teodolito para mejorar su exactitud. En Dinamarca, el astrólogo Tycho Brahe empleó el método de Frisius para llevar a cabo una medición completa de la isla de Ven, sede de su observatorio. Poco a poco se fue triangulando toda Europa y a continuación sus nuevos dominios, y por último con el método se logró medir con mucha exactitud el radio de la Tierra.

# FLORENCIA Y LA INVENCIÓN DE LA PERSPECTIVA

El término *perspectiva*, tal como lo empleaban durante el Renacimiento, tenía en realidad un significado más amplio que el actual. De hecho, era la versión latina del griego ὀπτικά (óptica), y se aplicaba tanto a los aspectos físicos de la luz como a los fisiológicos de la visión, así como a los problemas de la representación de la profundidad espacial. Como hemos visto, existía una tradución al latín del *Kitab al-Manazir* de Ibn al-Haytham que trataba sobre estos temas; venía circulando en forma manuscrita desde el siglo XIII, y en el siglo siguiente estuvo disponible en una versión italiana titulada *De aspectibus*. Al-Haytham, cuyo nombre latinizado era Alhazen, había realizado numerosos experimentos sobre la visibilidad de la profundidad espacial, y sus descubrimientos ejercieron una profunda y bien documentada influencia en el desarrollo del arte europeo.




El escultor y arquitecto florentino Lorenzo Ghiberti (1378-1455) conocía *De aspectibus* y, según su biógrafo, lo citaba «verbal y extensamente». Hace tiempo que Ghiberti es reconocido como uno de los primeros y más importantes en utilizar la perspectiva. Se la enseñó a sus alumnos, quienes emplearon las técnicas con efectos superiores. Entre los mismos se encontraban el pintor Paolo Uccello, que había trabajado en el estudio de Ghiberti, y el escultor Donatello (h. 1386-1466).

Las primeras pinturas que se sabe que aplicaron las nuevas técnicas de la perspectiva lineal geométrica son las del arquitecto florentino Filippo Brunelleschi (1377-1446), contemporáneo de Ghiberti. Al parecer, Brunelleschi utilizó la perspectiva en sus dibujos de arquitectura para demostrar a sus clientes el aspecto que tendrían los edificios terminados. También se sabe que en algún momento antes de 1425 produjo dos paneles experimentales, famosos

**IZQUIERDA:** dos diagramas de *De aspectibus* que ilustran la mecánica de la percepción visual.

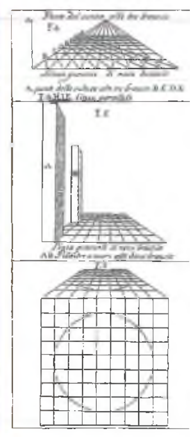


porque uno de ellos se tenía que contemplar en un espejo a través de un agujero central para compararlo con su sujeto real, el baptisterio de San Juan Bautista de Florencia. Con estos gráficos ejemplos, Brunelleschi estableció uno de los preceptos básicos de la perspectiva: la idea de que las líneas convergentes deberían encontrarse en un único punto de fuga en el plano pictórico, y que todos los componentes de una pintura deberían hacerse más pequeños, en todas las direcciones, cuanto mayor fuera la distancia del ojo. Otros en Florencia rápidamente adoptaron esta nueva teoría y la emplearon con magníficos resultados. Destacan los pintores Masolino da Panicale y Masaccio, quienes aplicaron las técnicas de la perspectiva al poco tiempo de las revelaciones de Brunelleschi.

Una década después de que Brunelleschi realizara sus pioneras pinturas con perspectiva, que lamentablemente no se han conservado, su colega arquitecto Leon Battista Alberti (1404-1472) escribió el tratado *Della pittura* (1436), dirigido específicamente a artistas. Esta obra describía con cierto detalle las nuevas teorías y métodos de la perspectiva. Alberti estaba bien preparado para impartir ese conocimiento porque había estudiado la ciencia de la óptica en la escuela de Padua, influida por Biagio Pelacani, conocido como Biagio de Parma (h. 1347-1416), quien a su vez había estudiado y enseñado con el *Libro de óptica* de al-Haytham. Está claro que las intenciones de Alberti en *Della pittura* no eran simplemente mejorar las técnicas pictóricas dándoles una base más racional, sino elevar el estatus profesional del artista por encima de un simple artesano, que era el papel que había ocupado en la Edad Media.

Siguiendo la cadena de transmisión, Piero della Francesca, el discípulo de Alberti, continuó tra-

**ARRIBA:** *San Pedro curando a un lisiado y la resurrección de Tabita*. Masolino; capilla Brancacci, Santa Maria del Carmine, Florencia.

**ARRIBA:** dos diagramas de *Della pittura* de Alberti.

bajando con el tratado de su maestro y escribió su propio *De prospectiva pingendi*, que ilustró con una serie de diagramas y dibujos en perspectiva.

Es evidente que Piero había llegado a considerar las dificultades de una representación realista en términos de un problema matemático que tenía solución. Este enfoque tuvo una gran influencia, al igual que la inclusión en su libro de vistas en perspectiva de figuras geométricas. El énfasis de su obra en los sólidos platónicos estableció con firmeza el papel de los mismos en el contenido de los tratados sobre perspectiva que le siguieron.

Las construcciones en plano y alzado con el uso de líneas ortogonales, o «rayos visuales», que emplearon tanto Uccello como Piero della Francesca, resultaban especialmente aplicables a la representación de formas geométricas o arquitectónicas complejas. Brunelleschi ya había mencionado los vínculos entre perspectiva y planos arquitectónicos, pero el entusiasmo por la perspectiva como representación más realista del espacio en la pintura, tan característico de las actitudes modernas emergentes, iba ligado a la necesidad de una medición exacta del espacio de una forma más general. Como resultado de ello, se llegó a asociar la perspectiva con los avances en el campo de la topografía y de la cartografía, así como con los instrumentos necesarios para realizar estas actividades.

*

La primera aparición escrita de la perspectiva lineal es la del tratado *Della pittura* de Leon Battista Alberti en 1435, en la cual observa que «una pintura es la intersección de una pirámide visual a una distancia determinada», como si la vista a través de una ventana abierta fuera a estar interceptada por un «velo» que la cruzara. La obra indica claramente el conocimiento que Alberti tenía sobre las teorías de Alhazen («Aquel que observa una pintura en la forma que he descrito verá una sección transversal de la pirámide visual»), y también contiene la primera sugerencia de que los artistas podrían emplear un *reticolo* o retícula cuadrada como ayuda para dibujar. Por otra parte, propone un método de composición pictórica que consiste en definir una línea horizontal y la construcción de una base, algo así como un escenario, donde se colocarían los edificios, los objetos y las figuras, con el conjunto ordenado por una retícula de líneas ortogonales para dar escala a los distintos elementos del cuadro. Esto corresponde, por supuesto, a la perspectiva ideal de un solo punto con la que estamos familiarizados, lo cual introdujo la revolucionaria idea de un punto de fuga. Leyendo *Della pittura* queda claro que, en opinión de Alberti, un conocimiento de la geometría resultaba esencial para dominar el arte de la pintura.

Piero della Francesca, el sucesor de Alberti, también destacó el valor de la geometría para poder

## LA EXPLORACIÓN DEL PASADO CLÁSICO



**ARRIBA:** Filippo Brunelleschi (1377-1446).

El movimiento terrenal y racionalista del Humanismo, que a principios del Renacimiento llevó a los pensadores creativos a investigar la naturaleza de la percepción de forma científica, estuvo ligado a un resurgimiento del interés por los edificios de la Antigüedad clásica. El alejamiento de la visión limitada de la Edad Media condujo a un gran entusiasmo por todos los aspectos disponibles de este legado. Con ese espíritu Brunelleschi y Donatello emprendieron una extensa exploración de la arquitectura de Roma, que incluyó la medición de la cúpula del Panteón. Su ambiciosa empresa se debía tanto a razones prácticas como nostálgicas: Brunelleschi construyó su obra maestra del duomo para Santa Maria dei Fiori, una cúpula de mayor tamaño que el propio Panteón. Por su parte, Donatello, tras investigar en profundidad las formas clásicas, aportó una nueva libertad e intensidad a la escultura que resultó igualmente influyente. Según Vasari, autor de *Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos*, tomadas en conjunto «estas obras fueron el medio que inspiró las mentes de otros artesanos, que se dedicarían a este proceso con gran celo». El *proceso* al que se refiere era, por supuesto, el resurgimiento del clasicismo, un movimiento que llegaría a extenderse por toda Italia.

entender los métodos de perspectiva. En su pobra *De prospectiva pingendi* alude al uso de una «intersección», que con seguridad se refería a algún tipo de ventana de perspectiva (de hecho, esos recursos se conocieron posteriormente como «las ventanas de Alberti»). Estos nuevos conceptos se propagaron con gran rapidez.

El uso de la línea horizontal, del punto de fuga y del escorzo proporcional debían de estar bastante bien establecidos para cuando Leonardo da Vinci se cruzó con el sistema de la perspectiva de Alberti, probablemente mientras todavía era tan solo un aprendiz en el taller de Verrocchio.

El propio Leonardo mostró un gran interés por el tema. Existen muchas referencias al mismo en la colección de notas y pensamientos que se conocieron como el *Trattato della pittura*. Allí se describe la perspectiva como «no es más que ver un lugar o un objeto tras un cristal en cuya superficie se van a dibujar los objetos». Parece ser que experimentó con una ventana de perspectiva, conjuntamente con una vara de agrimensor, para crear una perspectiva menguante, y que recomendó este método para entrenar el ojo. También siguió la recomendación de Alberti sobre el uso de las técnicas de coloreado, junto con la apropiada construcción geométrica de sombras, para reforzar la ilusión de profundidad. El enfoque sistemático de Leonardo hacia la pintura le llevó a descubrir la ley de la perspectiva inversa, según la cual el tamaño aparente de un objeto se divide por la mitad al doblar la distancia calculada, se reduce a un tercio cuando se triplica la distancia, y así sucesivamente.

# NUEVAS MANERAS DE VER: LENTES Y CÁMARA OSCURA

Los avances en el campo de la óptica, en todos sus aspectos, fueron cruciales durante el Renacimiento, tanto para las ciencias como para el arte. Entre los objetivos de la investigación destacaban la mejor comprensión de la fisiología de la visión y la física de la luz, un campo de estudio vinculado a las últimas mejoras técnicas de lentes, espejos y otros aparatos. A finales de la Edad Media ya se habían realizado en Europa notables avances en esta disciplina. Puede resultar sorprendente saber que las gafas aparecieron por primera vez en Florencia hacia finales del siglo XIII, y que en el siglo XV tanto las gafas como las lupas eran artículos relativamente familiares. El desarrollo de las lentes, en especial las usadas en las gafas, no está del todo claro, seguramente porque las habilidades artesanales necesarias para llevarlo a cabo eran medio secretas. El caso es que Ibn al-Haytham hace referencia a lentes cóncavas y lentes de aumento en su *Libro de óptica*, que su obra se tradujo en el siglo XIII, y que las gafas o anteojos aparecieron en Italia durante el siglo siguiente.




**ARRIBA:** cámara oscura de Regnier Gemma Frisius, 1544. Con esta habitación oscurecida estudió el eclipse solar de 1544.

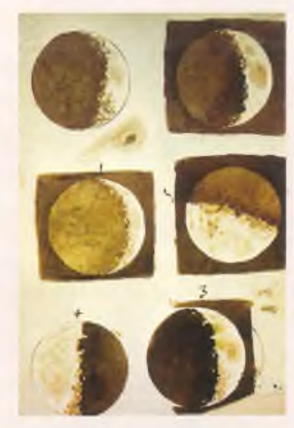
Asimismo, en esta obra Ibn al-Haytham alude a la teoría que sustenta el efecto de la *cámara oscura*, y también hizo la primera analogía entre este dispositivo y el funcionamiento del ojo. Como resultado de ello, la cámara oscura se comprendía bastante bien en el siglo XV. Ese efecto, creado por la luz al pasar por una pequeña abertura en una habitación oscura, ya había sido detectado a lo largo de la historia. Existieron numerosos intentos, si bien la mayoría de ellos equivocados, de dar una explicación científica al fenómeno; ya en el mundo antiguo, algunos lo intentaron, por ejemplo, Aristóteles. Además de una herramienta enigmática y útil para los pintores, el artilugio resultaba de considerable interés desde un punto de vista científico. Leonardo da Vinci y Johannes Kepler aludieron al mismo en sus escritos sobre óptica, y el matemático y ocultista Giambattista della Porta realizó una serie de experimentos que reveló en su *Magiae Naturalis* (*Magia natural*, 1558).

## GALILEO Y LA LUNA



**ARRIBA:** Galileo Galilei (1564-1642).

Son bien conocidas las disputas de Galileo con el papa Urbano VIII y con la Inquisición romana, pero en realidad Galileo era un católico devoto y el Santo Oficio no cuestionaba la mayoría de sus afirmaciones científicas. La oposición a sus aseveraciones, que finalmente condujeron a su encarcelamiento, implicaba un choque de personalidades y de intereses creados, más que una simple batalla entre ciencia e Iglesia. La iglesia católica como institución tenía auténticas dificultades en aceptar la nueva cosmología heliocéntrica de Copérnico, pero entre sus filas ya existían elementos progresistas dispuestos a hacer el cambio. El problema básico era su adhesión a la especulación clásica y medieval que había combinado el platonismo con el aristotelismo para crear un plan cosmológico geocéntrico que dividía el universo en dos reinos distintos: la región sublunar imperfecta (debajo de la Luna) y la región celestial supralunar perfecta. Bajo el dominio de la iglesia medieval esa visión se había vuelto rígida y había pasado a ser un dogma incuestionable. Con su recién inventado telescopio, tan primitivo que algunos creían que era un fraude, Galileo pudo ver por sí mismo que la Luna no tenía nada de perfecta, lo que la hacía mucho más interesante, y que los cielos eran bastante más complejos de lo que la Iglesia estaba dispuesta a admitir.



**ARRIBA:** dibujos de la Luna del *Sidereus Nuncius* o *Mensajero estelar* de Galileo, 1610.

Es interesante mencionar que Galileo, que había crecido en la corte de los Médici, había estudiado dibujo en la Academia Florentina de Arte y Diseño como parte de su formación en matemáticas.

Es preciso destacar los avances de la ciencia y el arte realizados en el Renacimiento gracias a la particular atención que se prestó al estudio de la óptica. Esta disciplina estuvo a la cabeza de la experimentación durante una época de descubrimiento intelectual, y culminó con la aparición de telescopios y microscopios a finales del siglo XVI. Estos importantes avances supusieron literalmente nuevas maneras de ver, y llevaron la percepción humana mucho más allá de la imaginación medieval. Por ejemplo, cuando Galileo observó las evidentes imperfecciones en la superficie de la Luna con su recién inventado telescopio, las arraigadas distinciones medievales entre «sublunar» y «supralunar», y todo el sistema cosmológico asociado a ellas, quedaron desacreditadas por completo.

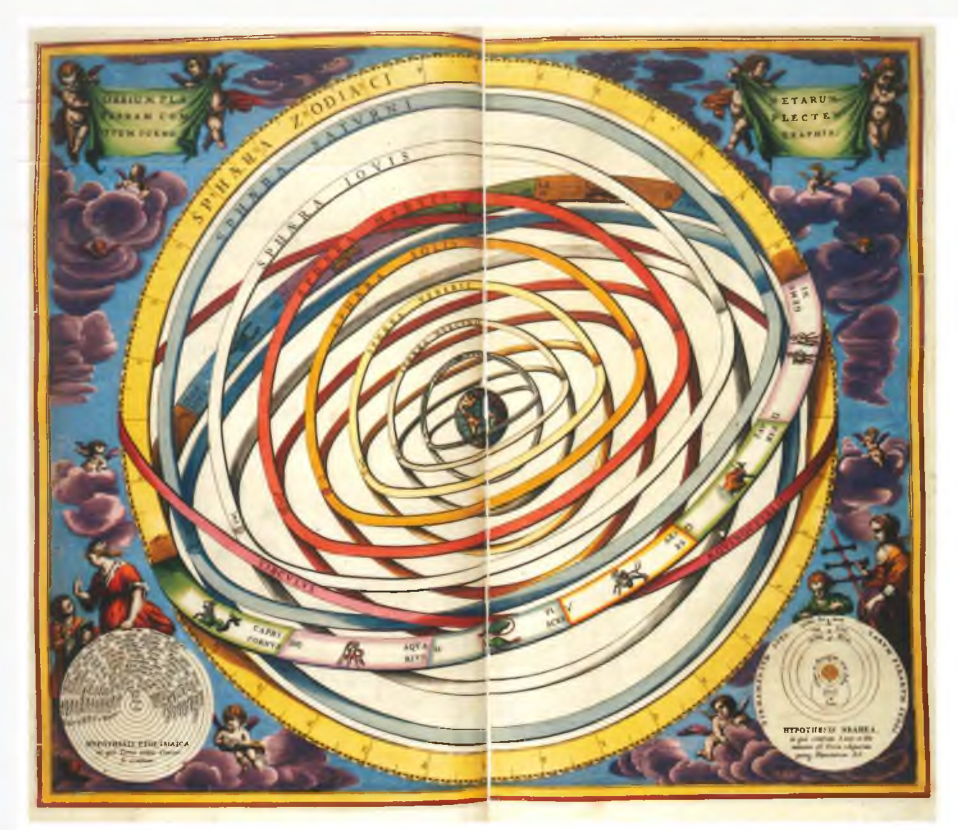
# EL COSMOS GEOMÉTRICO

## PLANETAS QUE ORBITAN Y UNA TIERRA ESFÉRICA

La especulación sobre la configuración de los cielos y de la forma física de la Tierra había sido un tema prioritario para los astrónomos y matemáticos desde el inicio de los tiempos. De hecho, las teorías de si la Tierra podría ser esférica y las órbitas de los planetas circulares se retrotraen a Platón y a su discípulo, el no tan conocido matemático y filósofo Eudoxo de Cnido (h. 395-342 a. C.). Se cree que Eudoxo asistió a la Academia de Platón, que sus principales intereses eran la geometría y la astronomía, y que sus teorías estaban muy influidas por las de Platón. Por desgracia, ninguna de las obras de este filósofo sobrevivió al período clásico y todo lo que se conoce de sus teorías se deriva de los comentarios de autores posteriores, sobre los que ejerció una considerable influencia. La suya fue la primera cosmología elaborada totalmente de forma geométrica, basada en un conjunto de axiomas derivados de la percepción platónica de que los cuerpos celestiales están compuestos de una materia más exaltada y perfecta que la terrenal. Esta configuración astronómica colocaba a la Tierra en el centro del universo, y encima todos los movimientos celestes, perfectamente regulares y circulares. El *cosmos* se concebía como una serie de esferas homocéntricas, con la Tierra central sucesivamente contenida dentro de las esferas invisibles de la Luna, el Sol y los planetas, una formación que permitía a los planetas integrados moverse alrededor de la Tierra siguiendo sus órbitas perfectamente circulares.

Aristóteles (h. 384-322 a. C.) adoptó este modelo en sus propias especulaciones cosmológicas, que expuso en su tratado *Sobre el cielo*. Según ese esquema, el Sol, la Luna y los planetas son esféricos, igual que la Tierra central, aunque Aristóteles postuló que esta «no era muy grande». También conjeturó que «el océano es uno solo», y predijo que debería ser posible navegar desde el Mediterráneo hasta la India. Sus teorías sobre las ciencias naturales en general eran tan exhaustivas, que dominaron las especulaciones en este campo hasta el final de los períodos clásico tardío y medieval. De hecho, la fama, la influencia y el amplio alcance de los escritos de Aristóteles explican en gran parte que el modelo geocéntrico, con su serie de esferas, tuviera tanto éxito por aquel entonces, y que luego en última instancia se convirtiera en una contradicción.

Pero incluso en la propia época de Aristóteles ese modelo fue cuestionado por al menos otro pensador destacado: Aristarco de Samos (h. 310-230 a. C.). Entre otros logros, este asombroso y clarividente matemático formuló un método para determinar el tamaño relativo del Sol y de la Luna, pero también propuso un modelo alternativo y *heliocéntrico*, muy




**ARRIBA:** representación de las órbitas ptolemaicas en forma de esfera armilar del magnífico atlas cosmológico de tamaño folio *Harmonia macrocosmica* de Andreas Cellarius, publicado por primera vez en Ámsterdam por Johannes Janssonius en 1660, como suplemento de su anterior *Atlas Nova*. Este volumen, que también contiene ilustraciones de los sistemas de Tycho Brahe y Copérnico, está considerado con justicia una de las mejores producciones de la cartografía holandesa de la Edad de Oro.

diferente al de Eudoxo y Aristóteles. En su esquema, el Sol y las estrellas fijas permanecían estacionarios, con los planetas, entre ellos la Tierra, moviéndose alrededor del Sol central fijo, y la Luna orbitando alrededor de la Tierra. Este modelo, por supuesto, se acerca al que propuso Copérnico unos 1800 años más tarde, y es posible que exista una conexión entre ellos. Se sabe que Regiomontano se cruzó con la teoría de Aristarco mientras traducía el relato de Arquímedes sobre la misma, y es bastante posible que esos conocimientos pasaran a Copérnico —que tuvo como maestros a discípulos de Regiomontano— y que fueran incluidos en su propia y revolucionaria teoría heliocéntrica.

A pesar de todo, el modelo de Platón, Eudoxo y Aristóteles resultaba extraordinariamente persuasivo y siguió dominando el pensamiento griego hasta el período clásico posterior, postateniense. Duran-

te esta época el pensamiento racional puramente abstracto sobre temas astronómicos se suplementaba con algunos dispositivos prácticos. Entre ellos destaca la esfera armilar, invención que se atribuye al astrónomo helenístico Eratóstenes de Alejandría (276-194 a. C.). Eratóstenes fue un brillante geómetra teórico y la primera persona en calcular la circunferencia de la Tierra. Sus cómputos fueron sorprendentemente exactos, con menos de un 2% de desviación con respecto a las mediciones modernas, un logro notable y una señal del alcance que la geometría aplicada ofrecía a una descripción ajustada del mundo físico. Su esfera armilar y otras versiones posteriores consistían en una serie de anillos que representan la latitud y la longitud celestial, la eclíptica y la equinoccial, entre otras nociones, y que forman un armazón en cuyo centro se halla la Tierra. El dispositivo de Eratóstenes era básicamente un astrolabio esférico, que indicaba el movimiento de las estrellas alrededor de la Tierra. Posteriormente este instrumento fue adoptado por el mundo islámico, donde, compartiendo gran parte de esa tradición heredada, se siguió desarrollando y finalmente se trasladó a Europa como parte del gran tesoro cultural que dio paso al Renacimiento.



**ARRIBA**: esfera armilar islámica; de *El libro de Jihannuma*, de Kâtib Çelebi.

Arquímedes de Siracusa (287-212 a. C.) fue el matemático más importante de la Antigüedad clásica. Elaboró un gran número de tratados sobre geometría y mecánica, muchos de los cuales llegaron posteriormente a los eruditos medievales a través de traducciones al árabe y al latín. Además de ser un teórico brillante, es evidente que Arquímedes poseía una mente muy práctica; a él se le atribuye la invención de una serie de artilugios mecánicos, incluyendo sistemas de poleas y el famoso tornillo de Arquímedes. Sobre el año 225 a. C. publicó el tratado en dos volúmenes *Sobre la esfera y el cilindro*, donde se detallaban sus investigaciones sobre las áreas relativas de la superficie y el volumen de esos sólidos, y otra obra, lamentablemente extraviada, titulada *Sobre la construcción de esferas*. Curiosamente, se piensa que construyó un *planetarium*, un modelo mecánico que demostraba los movimientos del Sol, de la Luna y de los planetas alrededor de la Tierra.

Durante su estancia en Italia, Regiomontano leyó y corrigió diversos tratados de Arquímedes en su versión latina. También habría estado familiarizado con la geometría plana y los *Elementos* de Euclides (h. 295 a. C.), relevantes no solo por el tratamiento sistemático de su tema sino también como ejemplo de las normas de comprobación y rigor matemáticos.

## REGIOMONTANO Y LA RECONEXIÓN CON LA ASTRONOMÍA CLÁSICA



El principio más significativo que resurgió durante el Renacimiento fue probablemente el de la percepción clásica sobre la importancia de las matemáticas para el estudio tanto de la naturaleza como del arte. Testimonio de la fuerza de ese concepto es que lo adoptaron algunas de sus más grandes y talentosas personalidades, muchas de las cuales trabajaron directamente en la revisión de los sólidos platónicos. En esa lista figuran Regiomontano, Piero della Francesca y Leonardo da Vinci, todos ellos auténticamente polifacéticos, en una época en que un talento como el suyo podía abarcar disciplinas tanto científicas como artísticas.

Actualmente se considera a Regiomontano (1436-1476) como el astrónomo más importante del siglo XV, una figura crucial que sentó las bases de la revolución astronómica que en su día completarían Copérnico, Kepler, Galileo y Newton. Traductor de numerosas y reveladoras obras clásicas y fundador de la primera prensa científica del mundo, también realizó notables aportaciones al estudio de la geometría y la trigonometría, y se encargó de reformar el calendario para el papa Sixto IV.

Regiomontano, hijo de un molinero, nació en el seno de una humilde familia con el nombre de Johann Müller, cerca de la pequeña población de Konigsberg, en la actual Baviera. Pronto se le reconoció su prodigioso talento, y entró en la universidad cuando tan solo tenía once años. Al igual que otros estudiosos que dependían de algún mecenas, por esa época viajó, estudió y enseñó en muchos lugares de ambos lados de los Alpes. En su juventud Regiomontano fue a Italia, donde aprendió griego, y se ocupó de traducir y publicar nuevas ediciones de antiguos textos, entre otros de Apolonio y Arquímedes. Dio clases en Venecia, Padua y Hungría, pero más tarde se trasladó a Núremberg atraído por su fama tanto como centro de fabricación de instrumentos científicos como de la nueva tecnología de la imprenta.

Allí escribió un tratado sobre geometría basado en la obra de Arquímedes *Sobre la esfera y el cilindro*, que incluía un apartado sobre los sólidos platónicos y otros. Su labor en este campo sirvió de base a posteriores geómetras, entre ellos su alumno Martin Behaim, quien construyó el primer globo terráqueo, y el gran artista renacentista Piero della Francesca. Es bien conocido que Colón planificó su gran viaje de descubrimiento influido por su obra. Por desgracia, cuando regresó a Roma en 1476, este hombre de asombroso talento cayó víctima de la peste y murió a la edad relativamente temprana de cuarenta años.



**IZQUIERDA:** frontispicio de *Epítome del Almagesto* de Regiomontano, donde se representa al autor sentado con Ptolomeo bajo una esfera armilar.

Regiomontano también conocía *Las cónicas* del neopitagórico Apolonio (siglo III-siglo II a. C.), y de hecho antes de su prematura muerte había previsto imprimir la obra. Este tratado geométrico introdujo las curvas transversales actualmente conocidas como parábola. Estas adquirirían una gran relevancia para la astronomía; mucho más tarde, en 1609, Kepler descubriría que las órbitas de los planetas son elípticas, no circulares.

Ptolomeo (h. 100-170 d. C.), al igual que Euclides, vivió en Alejandría, al norte de Egipto, en una época en que su famosa biblioteca era un floreciente centro de saber. Basándose en la obra de sus predecesores, Ptolomeo desarrolló un sistema cosmológico completo en su famoso *Almagesto*. Este sistema, en esencia una modificación del de Eudoxo, se convirtió en la más influyente de todas las cosmologías geocéntricas y perduró hasta que Copérnico publicó su modelo heliocéntrico en 1543. Desde Hiparco de Nicea (h. 150 a. C.) se sabía que los movimientos del Sol, de la Luna y de los planetas alrededor de la Tierra estaban muy lejos de las órbitas circulares uniformes descritas por Aristóteles y Eudoxo. Ptolomeo aceptó el antiguo concepto de que los cuerpos celestes estaban unidos a esferas sólidas invisibles, pero su sistema era capaz de explicar las molestas desviaciones planetarias de la regularidad mediante un ingenioso sistema de *epiciclos*, es decir, círculos que se movían sobre círculos más grandes, conservando así el credo de la perfección de las esferas celestes. Según este plan, las estrellas fijas se movían por una esfera celeste que estaba más allá de las esferas planetarias. En su *Almagesto* Ptolomeo también afirmó que la Tierra era de naturaleza esférica y presentó varios argumentos que respaldaban su proposición.



**ARRIBA:** Claudio Ptolomeo, de un fresco de Justo de Gante, h. 1475.

Su otro gran logro fue una obra en ocho volúmenes sobre geografía, un resumen de todo lo que se conocía del mundo en su época. Aparte de descripciones físicas y de la ubicación relativa de los países, la obra enciclopédica *Geographia* contenía instrucciones detalladas sobre los métodos de trazado de mapas y proponía un sistema de retícula que permitía asignar un valor de coordenadas a lugares específicos y fenómenos geográficos. Su *Almagesto*, debido a su teoría geocéntrica, era básicamente erróneo, pero siguió siendo el sistema predictivo más exacto durante los 1400 años siguientes. Fue el libro de astronomía con más autoridad a lo largo de la Edad Media, y con él Ptolomeo adquirió un estatus casi mítico. Regiomontano, en común con los demás astrónomos del siglo XV, habría estado totalmente familiarizado con el *Almagesto* y las demás obras de Ptolomeo.

# PRIMERAS PERCEPCIONES EUROPEAS DE UNA TIERRA ESFÉRICA: SACROBOSCO Y CAMPANUS

Los primeros registros existentes en Europa occidental de una medición tan sofisticada como es la forma del mundo, o del cosmos, nos retrotraen a la época del escolasticismo. El término *escolástico* se aplica a los académicos de las emergentes universidades medievales, es decir, de las primeras escuelas monásticas cristianas de la Alta Edad Media. Este movimiento se inició a principios del siglo XII y estuvo marcado por el intelectualismo y el redescubrimiento del saber clásico; entre otras revelaciones, esto significaba una nueva valoración de las obras de Aristóteles. Hacía tiempo que los estudiosos conocían a Aristóteles, pero por entonces estaban apareciendo muchas más traducciones de su obra, entre ellas *Sobre el cielo*. Una de las principales tareas de los escolásticos fue reconciliar ese conocimiento con las doctrinas de la Iglesia, lo que dio como resultado la paradójica distinción de convertir a Aristóteles en un pilar del dogma cristiano. De cualquier modo, supuso un consenso general entre los eruditos medievales de que la Tierra era esférica.



Diuisio sphæræ secundum substantiam.

Sphera aūt dupliciter diuidit: secūdū substātiā & secūdū accidēs. Secūdū substātiā. n. in sphæras decē. Sphærā decimā: quæ primus motus siue primū mobile dicitur: & in sphærā nonā quæ secūdum mobile nominatur: cōtraria tamē his uerba docent auctoris ista: in sphæras nouē scilicet sphæram nonā quæ primus motus: siue primum mobile dicitur. & in sphærā stellarū fixarū quæ firmamētū nuncupatur: & in septē sphæras septē planetarū. Quarū quædam sunt maiores quædam minores secundum q plus uel minus accedunt uel recedunt a firmamēto. Vnde inter illas sphæra Saturni maxima est. Sphæra uero lunæ minima ut in sequenti figuratione continetur.

Diuisio secundum accidens sphæræ.

Secundum accidens autem diuiditur in sphæram rectam & obliquam. Illi enim dicūtur habere sphæram rectam: qui manent sub æquinoctiali: si aliquis ibi manere possit. Et dicitur recta quoniam neuter polorum magis altero illis eleuatur. Vel quoniam illorum horizon intersecat æquinoctialem & intersecatur ab eodem ad angulos rectos sphærales.

**IZQUIERDA:** página de *Tractatus de sphaera*, del escolástico Johannes de Sacrobosco.

Uno de los eruditos más destacados de la temprana astronomía occidental fue Johannes de Sacrobosco (h. 1195-1256). Sacrobosco facilitó la introducción en Europa del *Almagesto* de Ptolomeo y el evolucionado sistema planetario de su *Tractatus de sphaera (De la esfera del mundo)*. El *Tractatus* presentaba la propuesta de una Tierra esférica, aportando pruebas convincentes. Este libro, que también se inspiraba en traducciones de astronomía árabe, se convirtió en materia de lectura obligatoria para estudiantes durante los cuatro siglos siguientes.

Campanus de Novara (fall. 1290) fue otra figura importante de la temprana historia de la ciencia en Europa occidental. Matemático y astrónomo de mediados del siglo XIII, Campanus es conocido por su temprana traducción del árabe al latín de los *Elementos* de Euclides, una versión que se convirtió en libro de referencia durante más de trescientos años. También produjo un texto titulado *Theorica Planetarum*, que presentaba una detallada descripción de la astronomía ptolemaica en latín. En el mismo describe un *equatorium*, un primitivo dispositivo astronómico para determinar la posición relativa del Sol, de la Luna y de los planetas de forma mecánica, sin tener que realizar ningún tipo de cálculo. Se sabe que Regiomontano adquirió un ejemplar de la *Theorica* en Viena.

## ESFERAS CELESTES Y GLOBOS TERRÁQUEOS

La invención de la esfera armilar se atribuye al astrónomo helenístico Eratóstenes de Alejandría, quien calculó la circunferencia de la Tierra en el siglo II a. C. Su esfera armilar y otras posteriores consistían en una serie de anillos que representan la latitud y la longitud celestial, la eclíptica y la equinoccial, entre otras nociones, y que forman un armazón en cuyo centro está situada la Tierra. Se trataba básicamente de un astrolabio esférico, que indicaba el movimiento de las estrellas alrededor de la Tierra. Luego este instrumento fue adoptado y perfeccionado en el mundo islámico. De hecho, todo el sistema ptolemaico, con su serie de esferas homocéntricas y una Tierra esférica, había sido adoptado en su totalidad por los primeros filósofos y matemáticos islámicos y formó la base de sus propios estudios astronómicos. Mediante el uso de observatorios, mucho más complejos que los del mundo clásico, realizaron muchos descubrimientos relevantes en este campo. Pero, como ocurrió en Europa occidental hasta el Renacimiento, siguió imperando la teoría geocéntrica. De hecho, existió una continuidad de la tradición clásica tardía, aunque con numerosos e interesantes avances. Las técnicas de cartografía esférica y los primeros globos terráqueos se construyeron allí, aunque ninguno de ellos se conserva, y su conjunto de conocimientos pasó a Europa occidental.

El ejemplo más temprano que se conoce de un globo terráqueo en Europa es la versión construida por Martin Behaim en Núremberg en 1492. Behaim, discípulo de Regiomontano, había viajado mucho antes de asentarse en Núremberg, desde Portugal hasta el África occidental. Sus intentos por construir un mapamundi esférico se vieron frustrados por la falta de conocimientos geográficos. Por la misma época en que estaba ensayando con su globo terráqueo, Colón emprendía una travesía que cambiaría de forma radical y permanente la percepción geográfica de todo el mundo.

Colón nunca se dio cuenta de que la tierra que había descubierto no era Asia sino un continente nuevo, pero otros sí lo vieron, y las grandes zonas vacías del «globo terrestre de Núremberg» de Behaim no tardaron en llenarse. Hacia el año 1522, la forma esférica de la Tierra quedó demostrada más allá de cualquier duda, con el regreso a Sevilla de lo que quedaba de la expedición de Magallanes en su circunnavegación del mundo.

**ARRIBA:** dibujo de una esfera armilar geocéntrica usado por el jesuita alemán Christopher Clavius en la página del título de su *Tractatus de sphaera*.

Hacia el año 1530, el emprendedor Regnier Gemma Frisius (*véase* la pág. 44) ya fabricaba juegos de globos terráqueos y celestes en su taller de Lovaina, junto con un libro que los acompañaba con el título *Sobre los principios de la astronomía*. Esta obra contenía un glosario de términos geográficos y astronómicos, entre ellos *latitud, longitud, polos, meridiano* y *eclipses*, y gráficas descripciones de los nativos y de la flora de tierras lejanas, la mayoría de ellas recién descubiertas.





**ARRIBA:** globo celeste donde se observa *Argo Navis*, la constelación del hemisferio sur nombrada por la nave de Jasón y los argonautas en su viaje en busca del vellocino de oro.

**ARRIBA:** globo terráqueo de Martin Behaim, construido en Núremberg a principios de la década de 1400. Emplea los conceptos de latitud y longitud, que eran parte del legado ptolemaico, pero incorpora todos los descubrimientos más recientes de las travesías del último período medieval.

## LA ESFERA EMBLEMÁTICA

Sea cual sea su utilidad práctica, las esferas astronómicas de todo tipo siempre han tenido un valor *emblemático* significativo. Las esferas armilares, en particular, parecen haber adquirido toda una serie de significados simbólicos. A partir de finales de la Baja Edad Media, aparecen con frecuencia en retratos de astrónomos, astrólogos y matemáticos, y se convirtieron en el atributo reconocido de Astronomía, la personificación del arte de la astronomía (o de Urania, su musa). En el caso concreto de los retratos de gobernantes también se empleaban como referencia a su poder terrenal, o en la descripción y emblemas de santos, en cuyo caso representaban la contemplación de los cielos.

**ARRIBA:** ilustración de una esfera armilar usada para demostraciones; de *Libros del saber de astronomía* de Alfonso X el Sabio, rey de Castilla.

En el Renacimiento, en especial tras el descubrimiento del Nuevo Mundo, los globos celestes y terrestres representaron la universalidad, y por lo general se encontraban por parejas, una tradición establecida por el polifacético erudito y constructor de esferas Johannes Schöner. Para aquellos que podían costearlos, constituían preciados objetos de distinción, y también una muestra de su cultura y de su predilección por el Humanismo. Por supuesto, los Médici poseían un gran número de ellos, y en 1535 el emperador Carlos V de Habsburgo encargó una pareja de globos, uno terrestre y otro celeste. La moda por estas esferas se extendió y, gracias al nuevo medio de la imprenta, resultaron más fáciles de conseguir en los siglos XVI y XVII. Núremberg, con su tradición en cartografía, fabricación de instrumentos y edición, se convirtió en el primer centro destacado de manufactura; posteriormente, esta especialización se trasladó a los Países Bajos.

En *La Città del Sole (La ciudad del sol)*, el tratado visionario y utópico que Tommaso Campanella escribió en 1602, el autor describe el interior de su inmenso templo, situado en el centro de la ciudad: «No se ve nada sobre el altar aparte de una esfera gigantesca donde están pintados todos los cuerpos celestes, y otra que muestra todos los rincones de la Tierra». Muchos, como Campanella, habían llegado a asociar estas representaciones del Cielo y de la Tierra con una aspiración más general por un mayor conocimiento y comprensión del mundo.

# PIERO DELLA FRANCESCA

Aunque más conocido como pintor, Piero della Francesca (1415-1492) también fue un matemático con un interés especial por la geometría que se fue incrementando con los años; de hecho, el historiador Vasari le describió como «el más grande geómetra de su época». Escribió tres obras sobre el tema: *Libellus de quinque corporibus regularibus*, un cuaderno sobre los cinco sólidos regulares; *Trattato d'abaco*, que trata sobre álgebra y la medición de polígonos y poliedros, y *De prospectiva pingendi*, un examen riguroso de los problemas de la óptica y de la perspectiva. Ninguno de ellos se publicó durante su vida pero se guardaron en forma manuscrita en la biblioteca de su mecenas, el duque



**ARRIBA:** detalle de *Natividad* de Piero della Francesca.



de Urbino, donde había iniciado su estudio de las matemáticas clásicas.

También se sabe que Piero poseía traducciones de la obra de Arquímedes y de Euclides. Por estar acostumbrado al método práctico de un pintor, muestra un interés espacial, así como matemático abstracto, por los poliedros regulares y semirregulares. Es muy probable que construyera modelos de estas figuras para servirse de ellos en la medición y comparación de sus volúmenes respectivos.

Por otra parte, Piero della Francesca fue el primero en dibujar los sólidos platónicos en perspectiva. Además, se le reconoce la gran influencia

**ARRIBA:** *Flagelación de Cristo* de Piero della Francesca, una obra enigmática que muestra el gran interés de los pintores por la perspectiva lineal y la proporcionalidad geométrica. La división del cuadro mediante una prominente columna corintia, que se acerca a la sección aúrea del rectángulo que forma el cuadro, parece demarcar dos tiempos y lugares distintos. La parte izquierda presenta la escena bíblica del tema principal; la derecha es contemporánea y posiblemente representa a miembros de la familia de su patrón, el duque Federico da Montefeltro.

## PIERO Y ARQUÍMEDES



*Piero della Francesca*

A finales de la década de 1450, Piero se encontró con varias traducciones de obras de Arquímedes que habían estado recorriendo los círculos humanistas de las cortes italianas. Decidió transcribir uno de esos manuscritos, una recopilación de siete textos que habían sobrevivido, y lo ilustró con más de doscientos dibujos relativos a los teoremas matemáticos que presentaban. El manuscrito, solo atribuido a Piero en época reciente, comprende ochenta y dos folios. El cuidado y la delicadeza con que dispone las formas geométricas en su obra confirman que Vasari lo describiera como «un gran geómetra».

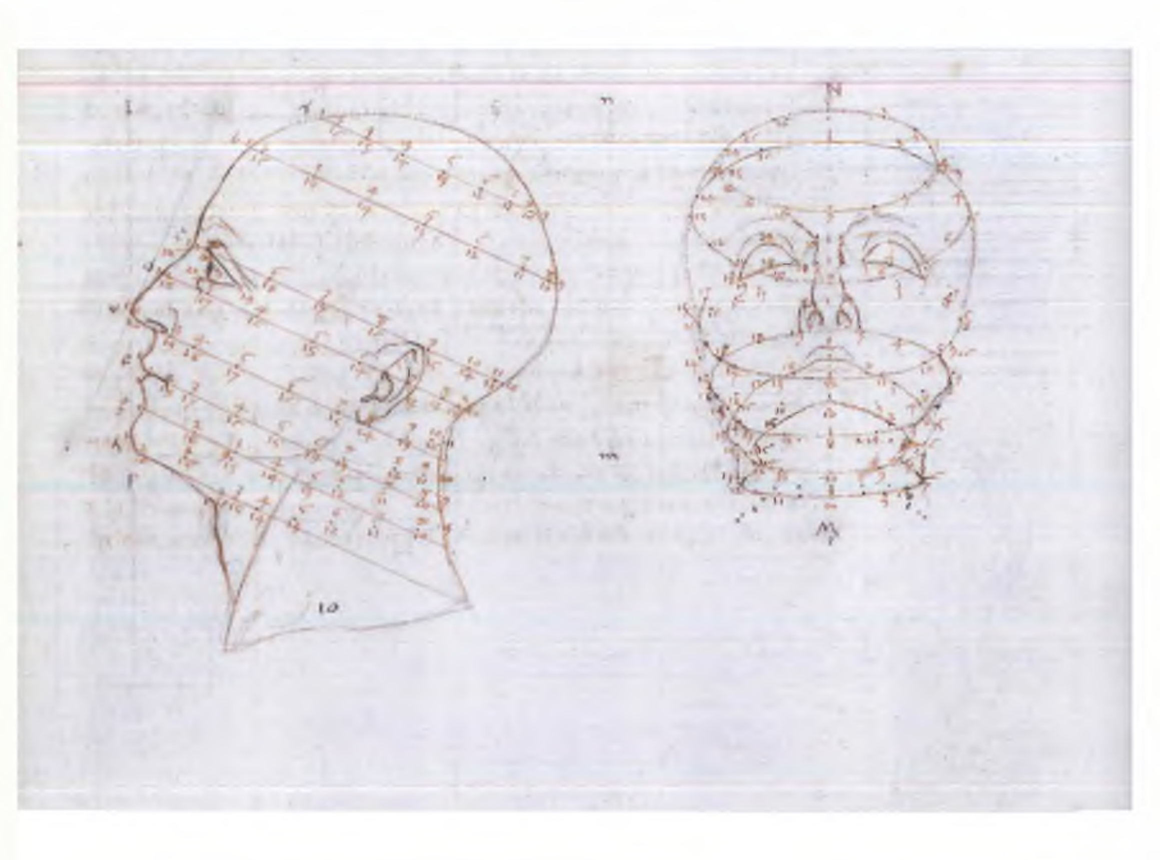
Los tratados de esta antología son: *Sobre la esfera y el cilindro, Sobre la medida del círculo, Sobre los conoides y los esferoides, Sobre las espirales, Sobre el equilibrio de los planos, Sobre la cuadratura de la parábola* y *El contador de arena*. Este volumen se conserva actualmente en la Biblioteca Riccardiana, situada en el Palacio Médici Riccardi de Florencia.



**ARRIBA:** dibujo de Piero de un icosaedro truncado, uno de los trece poliedros semirregulares o arquimedianos.



**IZQUIERDA:** a mediados del siglo XV aparecieron en el norte de Italia unos manuscritos de las obras de Arquímedes que empezaron a circular por centros humanistas, incluyendo los de Florencia. Piero della Francesca transcribió traducciones latinas de obras de Arquímedes sobre geometría. Esta es una página de *Sobre la esfera y el cilindro*.



que ejerció sobre el monje franciscano Luca Pacioli y Leonardo da Vinci, cuyas contribuciones mencionaremos en breve.

El enfoque de Piero hacia la pintura, contemplativo y estructurado de forma geométrica tal como se muestra durante toda su carrera, estuvo muy influido por Masaccio y su empleo del punto de fuga. Su obra ejemplifica el uso imaginativo del espacio y de la perspectiva para producir la ilusión de escenas tridimensionales.

**ARRIBA**: en estos dibujos de «Elevaciones y contornos horizontales», de su *De prospectiva pingendi*, Piero della Francesca indica las proporciones ideales de la cabeza humana. Para ello adopta un sistema, posiblemente sugerido por Alberti, de hacer cortes transversales del sujeto, que después se trazan mediante una proyección ortográfica, un método que teóricamente puede generar una reproducción fiel de la cabeza desde cualquier ángulo.

# PAOLO UCCELLO

El pintor florentino Paolo Uccello (1397-1475) también fue un consumado matemático. Se cree que aprendió habilidades matemáticas y geométricas del erudito humanista florentino Gianozzo Manetti, y podría haber tenido al geógrafo Paolo Toscanelli como profesor, aunque poco se conoce de este aspecto de su carrera. Fue aprendiz del escultor Lorenzo Ghiberti, con quien trabajó durante varios años, y probablemente fue en su taller donde aprendió las técnicas de perspectiva que iban a interesarle durante el resto de su vida.

Se conservan varios de sus dibujos de tema geométrico, entre ellos un bosquejo en perspectiva de un *mazzocchio* y una curiosa esfera estrellada, ambos motivos muy recurrentes en la obra de artistas posteriores. En 1425 se le encargó a Paolo la realización de unos mosaicos para la fachada de la basílica de San Marcos de Venecia, donde permanecieron hasta 1431. Por desgracia, poco ha sobrevivido de esta obra, aparte de un misterioso panel que muestra un pequeño dodecaedro estrellado, una figura que doscientos años después se asociaría con Johannes Kepler. Tomadas en conjunto, estas dos figuras indican un profundo conocimiento de la geometría de los sólidos.

Está claro que Uccello poseía una mente clara y analítica y que sentía fascinación por el problema de

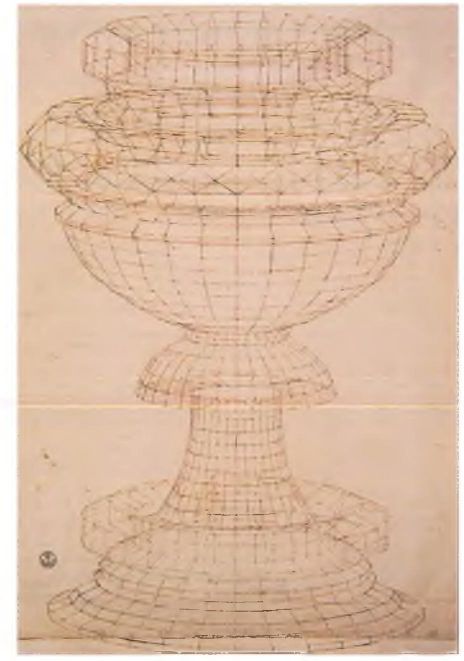
**ABAJO:** dibujo a pluma de Paolo Uccello de un *mazzocchio*, un ejercicio de dibujo en perspectiva, un tema por el que el pintor sintió una creciente obsesión; década de 1430.





la reconstrucción de objetos en un espacio tridimensional. Pinturas como *El milagro de la hostia profanada* revelan una comprensión avanzada del arte de la perspectiva lineal, del que se le puede considerar uno de los primeros maestros. Se dice que su representación en escorzo de una figura caída en el cuadro *La batalla de San Romano* causó sensación.

Es probable que sus estudios sobre perspectiva influyeran en las obras que Piero della Francesca y Leonardo da Vinci realizaron también sobre el tema. El historiador Vasari hace unos comentarios más bien negativos sobre la obsesión de Uccello por la perspectiva (*véase* el recuadro de la pág. 67).







**ARRIBA:** este dibujo en tinta y aguada de una esfera estrellada es un claro reflejo de la maestría de Uccello en el dibujo en perspectiva. Es probable que el artista construyera antes un modelo del objeto que, como el propio *mazzocchio*, se convirtió en parte de su programa de estudios sobre perspectiva.

**ARRIBA, DERECHA:** incrustaciones de mármol en el suelo de la basílica de San Marcos de Venecia atribuidas a Uccello. Este ejemplo de mosaico que ha sobrevivido hasta nuestros días es notable porque muestra un pequeño dodecaedro estrellado unos doscientos años antes de que Kepler lo describiera en 1619.

**PÁGINA ANTERIOR, ARRIBA:** *El milagro de la hostia profanada* de Uccello ejemplifica el sentido que tenía el pintor de la organización de la perspectiva. El tema de la profanación de la hostia era bien conocido en la iglesia medieval, pero aquí se representa de un modo que refleja los ideales renacentistas de una armonía universal basada en las matemáticas y en la proporción geométrica.

**PÁGINA ANTERIOR, ABAJO:** dibujo en perspectiva de un cáliz, para cuya realización Uccello emplea la misma técnica de «armazón de alambre» que usó para el dibujo del *mazzocchio* de la página anterior. De hecho, la parte superior del cáliz lleva incorporada la forma del *mazzocchio*.

## COMENTARIOS DE VASARI SOBRE UCCELLO

«Era solitario, excéntrico, melancólico y pobre. Pasaba toda la larga noche en su estudio intentando resolver los puntos de fuga de su perspectiva, y cuando su esposa lo llamaba para que fuera a la cama, contestaba con sus famosas palabras: "Qué bella cosa es esto de la perspectiva". Dotado por naturaleza de una disposición sofisticada y sutil, no sentía placer más que investigando cuestiones difíciles e imposibles de la perspectiva. Cuando andaba ocupado con estos temas, Paolo permanecía solo en su hogar, casi como un ermitaño, sin ver a nadie durante semanas y meses, sin dejar que nadie le viera. Por emplear todo su tiempo en estas fruslerías, siguió siendo pobre toda su vida, en lugar de famoso».

# GEOMETRÍA, PROPORCIÓN E «ISTORIA» EN EL QUATTROCENTO

Existe una división estilística entre la pintura de finales del Medioevo y la del inicio del Renacimiento italiano, el Quattrocento. En términos generales, se podría describir como un acercamiento a un mayor realismo y profundidad espacial, alejándose de las cualidades más planas y hieráticas del estilo italo-bizantino. Los orígenes de esta transición se encuentran en el siglo anterior, en especial en la obra del artista del Trecento Giotto, aunque esas innovaciones protorrenacentistas se vieron interrumpidas por la peste negra. El gusto por las representaciones más realistas de personas, en un trasfondo que transmitía un sentido de alejamiento y de profundidad interior, cobró auge durante el Quattrocento como una manifestación más del mismo impulso humanista que acabaría por afectar a todos los aspectos de la vida intelectual europea.

Los escritos de Leon Battista Alberti representaron una contribución significativa a esas innovaciones, especialmente *Della pittura*, publicado en 1435. En este tratado Alberti hacía varias recomendaciones sobre cómo lograr una mayor sensación de naturalismo, que incluyen la primera explicación escrita del uso del punto de fuga para conseguir una perspectiva lineal (*véase* el recuadro de la pág. 71). También estipula que cada elemento de una composición debería guardar una relación proporcional con las demás partes, lo que implica una representación ordenada y racional de figuras, arquitectura, etc. «Esta concordancia se da en un número, proporción y disposición particular exigida por la armonía», una percepción claramente derivada de una interpretación reactivada de la tradición platónico-pitagórica.

Además de destacar el papel de las matemáticas en la pintura, Alberti proponía otras técnicas para animar una obra y darle dramatismo. Entre ellas se incluyen el uso de luces y sombras para indicar volumen, la colocación de figuras en grupos animados (a diferencia de los posados formales de la pintura medieval), el uso de gestos y expresiones de emoción en las *dramatis personae*, y cierta monumentalidad en el fondo. Todos estos efectos pretendían aumentar la sensación de realismo y dar la impresión de que los eventos retratados concernían a individuos de carne y hueso (lo que ahora llamaríamos una «historia de fondo»), y de que existían en un mundo corpóreo. Alberti denomina *Istoria* a este principio, según el cual la organización de las figuras, la arquitectura y los objetos del cuadro deberían transmitir la impresión de un momento concreto en el espacio real. Estas innovaciones constituían la expresión consumada de

**PÁGINA SIGUIENTE:** la *Anunciación de Santa Ana* de Giotto, de su serie de paneles sobre *Escenas de la vida de San Joaquín* pintados entre 1304 y 1306; capilla de los Scrovegni, Padua. Con su uso de la profundidad espacial y de un realismo doméstico, su estilo anticipó nuevos avances en el Renacimiento.





**IZQUIERDA:** *Crucifijo* de Cimabue, iglesia de Santo Domingo, Arezzo, década de 1270. La obra de este artista se considera un punto de inflexión en la pintura italiana, cuando todavía estaba influida por el estilo bizantino pero explorando ya formas de expresión más naturalistas y tridimensionales. Cimabue (1240-1302) fue maestro de Giotto.

**PÁGINA SIGUIENTE:** *El tributo* de Masaccio, capilla Brancacci, Santa Maria del Carmine, Florencia, década de 1420. El uso pionero que Masaccio hizo de la perspectiva lineal, los planos estratificados y los modelos volumétricos ejerció una profunda influencia en el arte florentino.

los nuevos principios humanistas aplicados al arte. El foco estaba pasando de lo divino a lo humano, tanto en el arte como en la sociedad.

No existe duda alguna de que muchos artistas de la época pusieron en práctica estas ideas, tal como se puede observar en sus obras, en especial las de Fra Angelico, Andrea Mantegna, Piero della Francesca y Uccello. Por supuesto, es imposible saber hasta qué punto Alberti ejerció una influencia directa sobre los artistas o si lo que hizo fue expresar en un marco formal las tendencias que estaban en el aire y que los pintores ya practicaban.

La contribución de Alberti al debate fue significativa, pero otros artistas también dieron sus propias respuestas a esos criterios estilísticos, aunque probablemente no tuvieron la sensación de pertenecer a un «movimiento» en el sentido que hoy le damos al término.

*

Observando obras como *La sanación del lisiado* de Masolino, *La Anunciación* de Fra Angelico y la *Flagelación* de Piero della Francesca es fácil imaginar la cuidadosa atención que habrían prestado a la disposición inicial y al boceto de estas obras maestras. Podemos estar seguros de que durante los primeros años del Quattrocento, además de adoptar las nuevas técnicas de la perspectiva, también concedían gran importancia a las principales divisiones del plano pictórico. El propósito, aunque ciertamente no seguía ninguna fórmula, era transmitir una sensación de profundidad tridimensional con las cualidades más intangibles de una geometría ideal y proporcional. El empleo de medidas armónicas en la composición general de los cuadros servía para reforzar esa impresión. El efecto, especialmente evidente en las obras de Fra Angelico y de Piero della Francesca, es de una elegancia formal, casi trascendente.

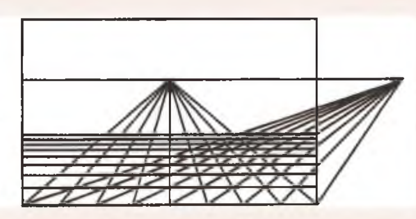
Sin embargo, esta preocupación por el ordenamiento proporcional del plano no duró demasiado tiempo. Pintores de la siguiente generación, como Mantegna y Boticelli, usaron la perspectiva de una forma mucho más sofisticada –se había convertido realmente en la base de su lenguaje pictórico–, pero ya no se centraban tanto en la proporción geométrica de las disposiciones del plano.

## PERSPECTIVA Y PUNTO DE FUGA

A pesar de su admiración por los conceptos platónicos del ideal estético, probablemente Platón no hubiera aprobado los intentos de los primeros teóricos renacentistas de la perspectiva por «profundizar la ilusión» en sus cuadros. Platón se oponía a la creación de lo que él consideraba nuevos niveles de engaño y error. No obstante, era muy consciente de los problemas de la perspectiva y de la imperfección de la percepción humana, y concluyó que, en ese sentido, solo «las artes de la medición, la numeración y el pesaje pueden acudir al rescate de la comprensión humana». Como ya hemos visto, la resolución de las dificultades para proyectar un espacio tridimensional en el plano bidimensional se consiguió mediante modelos matemáticos.

Los primeros artistas en introducir técnicas de disminución geométrica y su concepto vinculado de convergencia en un imaginario punto de fuga único en el horizonte, mediante el uso de líneas ortogonales, fueron Masaccio y Masolino da Panicale, que colaboraron en varios proyectos conjuntos. Aunque Masaccio murió a la temprana edad de veintiséis años, su obra tuvo una extraordinaria influencia. Según Vasari, todos los pintores florentinos estudiaron sus frescos para aprender los nuevos preceptos y reglas de la pintura.

Al poco tiempo, con su *Della pittura*, Alberti produjo el primer tratado sobre perspectiva que presentaba de manera formal varias técnicas para dar sensación de profundidad a un cuadro, incluyendo el punto de fuga, el sombreado y la reducción del tamaño relativo de los objetos, figuras y edificios representados, para que parecieran alejarse en el espacio imaginario.



**ARRIBA:** diagrama de perspectiva de Leon Battista Alberti de su obra *Della pittura*, libro 1.

## PAISAJES URBANOS «CUBISTAS» DEL RENACIMIENTO

Durante la época medieval, el problema de representar escenas tridimensionales solía soslayarse con la proyección axonométrica, que en esencia utiliza líneas paralelas a los ejes principales. Esta técnica resulta insatisfactoria a una escala mayor, donde produce obvias distorsiones de diagonales y curvas, pero resulta adecuada o no tan obvia cuando se usa individualmente para los elementos de un cuadro. Se solía emplear para representar ciudades imaginarias o idealizadas en el trasfondo de un cuadro. Al ojo moderno, la ingenuidad de estos vacilantes intentos por indicar solidez y alejamiento puede resultar encantadora, pero para los artistas del Quattrocento era un problema que se tomaban muy en serio. En los ejemplos aquí presentados podemos ver tanto la fascinación artística por mostrar la ordenación geométrica de los edificios urbanos, como la gradual asimilación de las técnicas de la perspectiva.





**ARRIBA:** Piero della Francesca: detalle de *La recuperación de la Vera Cruz* (década de 1450).



**ARRIBA:** Giotto: detalle de *El exorcismo de los demonios de Arezzo* (h. década de 1290).

**ARRIBA:** Ambrogio Lorenzetti: detalle de *La alegoría del buen y del mal gobierno* (h. 1338).

## VOLÚMENES Y PROPORCIONES

En una época en que había escasa normalización de pesos y medidas, quienes se ocupaban de cualquier tipo de transacción comercial precisaban un mecanismo para calcular y convertir cantidades. En el siglo XV las matemáticas usadas para ello se basaban en conceptos de proporción geométrica, y esas eran las matemáticas que se enseñaban en los *abaco*, escuelas secundarias fundadas con ese propósito específico. Como resultado, muchos ciudadanos de clase media, precisamente los que se habrían interesado por el arte, estaban familiarizados con las proporciones geométricas adoptadas por los pintores del Quattrocento. En palabras de Michael Baxandall, «Muchas personas del Quattrocento estaban acostumbradas a la idea de aplicar la geometría del plano al mundo más amplio de las apariencias, porque la habían estudiado para medir tierras y edificios». Como ya mencionamos, el propio pintor Piero della Francesca produjo un tratado matemático, el *Trattato d'abaco*, donde enseña el uso de la matemática de las proporciones para resolver problemas relativos al comercio y a la banca. Este fue uno de muchos libros de texto populares que trataban sobre la «regla de tres», un sistema de cálculo esencial para cuantificar divisiones proporcionales de mercancías o dinero en efectivo.

Que el estudio de la proporción formara parte integral de las matemáticas comerciales significó que «el pintor podía depender de la disposición de su público a calibrar», pues era una geometría con la que estaban familiarizados.



**ARRIBA:** *La Anunciación* de Piero della Francesca, de la serie *La Leyenda de la Vera Cruz*, basílica de San Francisco de Arezzo, 1464. Esta pintura está imbuida de una serena sensación de proporción geométrica.

## CÓMO PREPARAR UN FRESCO

En la pintura al fresco se mezclaban pigmentos con yeso fresco, que debía aplicarse con rapidez. Antes se preparaban los muros con un yeso más tosco y se dividían en zonas geométricas con líneas de sinopia (pórfido molido). Los dibujos preliminares se hacían sobre papel en la misma proporción* en que luego se transferían a la pared empleando la cuadrícula. Esto fue evolucionando a un sistema más directo en el que dibujos del mismo tamaño final se trazaban sobre grandes hojas de papel *(cartones)* que se perforaban y después se estarcían con pigmentos negros sobre la pared. En ambos métodos los detalles adicionales se añadían con dibujos subyacentes de sinopia antes de la pintura final (estos pueden quedar expuestos cuando un fresco ha sufrido daños o una restauración). Habría una reflexión previa sobre la división inicial del área a pintar y, conforme las ideas de la perspectiva arraigaban, sobre la colocación de las líneas verticales, horizontales y ortogonales.

*Hacia finales de la Edad Media era fácil encontrar en Italia papel de buena calidad.

# LUCA PACIOLI

Luca Pacioli (h. 1445-1517) procedía de Sansepolcro, la pequeña población toscana donde nació Piero della Francesca. Piero enseñó matemáticas al joven Pacioli y lo presentó al duque de Urbino. Ambos tenían acceso a la biblioteca de su noble patrón, que en su época tenía fama de ser la mejor de Europa. En 1494 Pacioli, que en esos años se había hecho fraile franciscano y era un erudito ambulante, produjo su *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità*, un sumario de matemáticas que posteriormente se editó en Venecia con el nuevo método Gutenberg. Esta obra le supuso cierta fama e hizo que Leonardo da Vinci se fijara en él. Leonardo lo llevó a Milán, donde permaneció durante tres productivos años. Durante ese tiempo, entre 1496 y 1499, escribió *De Divina Proportione*, un libro basado en las especulaciones filosóficas de Platón, la geometría euclidiana y la teología cristiana, temas que relacionó con la proporción áurea en un esquema cosmológico grandioso, aunque algo confuso (*véanse* las págs. 76-77).

Leonardo, que por esa época recibía enseñanzas matemáticas de Pacioli, colaboró con él en su libro aportando numerosas ilustraciones, entre ellas una atractiva serie de versiones de poliedros, tanto en forma sólida como de «esqueleto». La obra se publicó en 1509 en Venecia, donde tuvo un éxito inmediato. El historiador Vasari, aunque escribió unos cincuenta años después, fue bastante mordaz con la obra de Pacioli, acusándolo de plagio y diciendo que había copiado gran parte de la misma de Piero della Francesca, sin darle al artista y matemático el reconocimiento final. Aunque puede que esta afirmación tenga cierta base, parece demasiado dura; Pacioli transmite la imagen de un erudito auténticamente devoto y de un profesor dedicado. Al poco tiempo de la publicación de *De Divina Proportione*, hizo una traducción al latín de los *Elementos* de Euclides.

A este extraordinario hombre también le corresponde el honor de haber introducido la técnica de la contabilidad de doble entrada, y es famoso por ello —especialmente en el mundo de la contabilidad, donde se le considera una figura fundamental— así como por *De Divina Proportione*. Resulta interesante que los Médici fueran los primeros banqueros mercantes en adoptar ese sistema.

**PÁGINA SIGUIENTE, IZQUIERDA:** retrato contemporáneo de Luca Pacioli demostrando las teorías de Euclides, h. 1500. Se suele atribuir a Jacopo de'Barbari. El libro cerrado probablemente sea la *Summa de arithmetica* de Pacioli. El joven de la derecha es el duque de Urbino, que posteriormente se convertiría en su patrón.





**ARRIBA:** detalle del cuadro que muestra un rombicuboctaedro suspendido, parcialmente lleno de agua. Debido a la delicada representación de sus complejos reflejos y refracciones, se ha sugerido que el amigo de Pacioli, el famoso Leonardo da Vinci, podría haber intervenido en esta parte del cuadro.



**ARRIBA:** página ilustrativa de la *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità* de Pacioli.

## *DE VIRIBUS QUANTITATIS*

En 2006, el matemático David Singmaster halló una referencia a una obra de Pacioli hasta entonces desconocida en la biblioteca de la Universidad de Bolonia. Resultó ser un extenso tratado sobre juegos y problemas matemáticos, *De viribus quantitatis*, un inmenso compendio en tres partes que trata, respectivamente, sobre problemas matemáticos, trucos y diversiones, versos y proverbios. Ha sido descrito como «el primer manual relevante que enseña cómo realizar trucos de magia». Entre otras cosas, da instrucciones sobre trucos de cartas, juegos malabares, cómo tragar fuego y otras habilidades de prestidigitación. A lo largo de la obra se hace hincapié en la perplejidad, la actuación y el entretenimiento. Pacioli, aunque muy serio en sus propuestas matemáticas, poseía un lado más informal.

Parece ser que compuso el libro a lo largo de un período de diez años, empezando por la misma época en que trabajaba en *De Divina Proportione*. En el libro menciona en varias ocasiones a su amigo Leonardo da Vinci (con insinuaciones de que podría haber colaborado en el mismo), y le agradece profusamente su colaboración en *De Divina Proportione*. Por algún motivo desconocido, probablemente porque ambos tuvieron que huir de Milán tras la invasión francesa de la ciudad en 1499, la obra nunca fue publicada.

# DE DIVINA PROPORTIONE



Luca Pacioli compuso su obra maestra *De Divina Proportione* en Milán, entre los años 1497 y 1498, y finalmente se publicó en Venecia en 1509. Comprende tres secciones que tratan, respectivamente, de la proporción áurea y de la perspectiva, de los principios matemáticos y el sistema racional de proporción avanzado por el autor y arquitecto romano Vitrubio en su *De architectura*, y finaliza con un tratado sobre los cinco sólidos platónicos regulares, consistente en gran parte en una transcripción en italiano de *De quinque corporibus regularibus* de Piero della Francesca. Leonardo da Vinci colaboró estrechamente con Pacioli en esta obra, realizando muchas de sus ilustraciones y diagramas.

La obra alude a la cosmología del *Timeo* de Platón y a los *Elementos* de Euclides, dejando claro que su disertación se basa en los sólidos fundamentos de los conceptos geométricos clásicos. Como hemos mencionado, también se basó en la obra de su antiguo maestro Piero della Francesca. Su originalidad radica en presentar estas ideas de forma clara, gráfica y sistemática; los numerosos dibujos de figuras tridimensionales son su ejemplo más notable. Se sabe que Pacioli encargó modelos poliédricos incluso antes de conocer a Leonardo, y es muy probable que se hicieran muchos más para facilitar el dibujo de figuras sólidas y «en esqueleto» que el artista incluyó en su obra (en total, cincuenta y nueve).

La «proporción divina», que Pacioli describe como «esencial, impresionante e inestimable», es un valor matemático que ahora conocemos como *fi* o *phi* (*véase* el símbolo de esta página). En *De Divina Proportione* explora la relación entre esta proporción y los poliedros regulares platónicos y los semirregulares arquimedianos. Para Pacioli la interconexión de estas relaciones geométricas tenía claras connotaciones místicas y divinas; como él mismo dice, hace referencia a «una ciencia muy secreta».

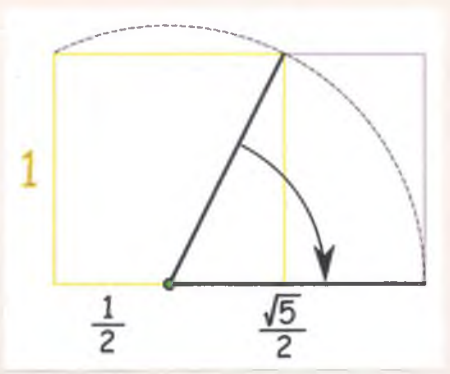
## FI O PHI

Muchos términos describen este valor (*número áureo, regla de oro, sección áurea, proporción áurea...*), que se halla en el Libro 6 de los *Elementos* de Euclides. Es el punto donde la sección o corte de una línea produce dos segmentos que expresan exactamente la misma proporción que la del segmento más grande con respecto a la línea entera (*véase* abajo).

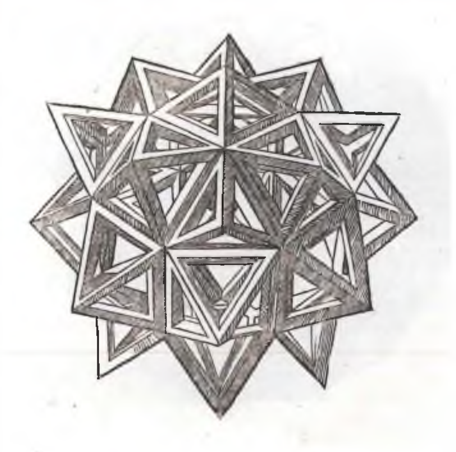
La proporción entre la línea A - Φ y Φ-B es la misma que la de A-B con respecto a A - Φ:

A Φ B

Esta razón, que los pitagóricos probablemente ya conocían, está íntimamente relacionada con la geometría del cinco (el pentágono, el pentagrama, el dodecaedro). El rectángulo que contiene esta proporción se conoce como rectángulo áureo; se dice que sus proporciones son especialmente armónicas y de un gran atractivo visual.




**IZQUIERDA:** esta simple fórmula, que fue presentada por primera vez en el año 300 a. C por Euclides, define el misterioso valor inconmensurable conocido actualmente como *fi* o *phi*.







**ARRIBA:** *De Divina Proportione* de Pacioli está profusamente ilustrado con dibujos de poliedros, en forma sólida o «en esqueleto», una aportación de su amigo Leonardo da Vinci.

# LEONARDO DA VINCI Y LA GEOMETRÍA

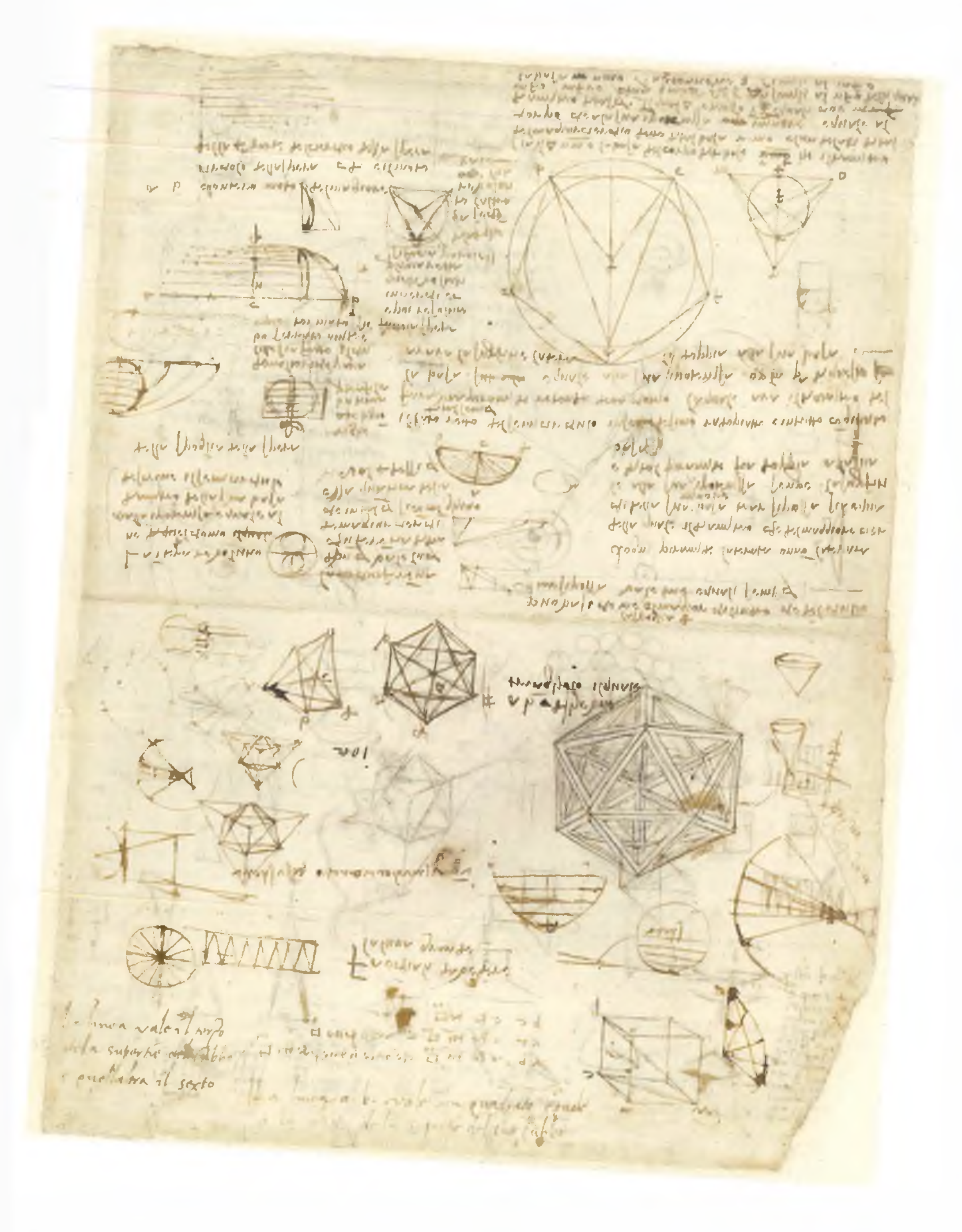
Una de las actitudes más novedosas y productivas que apareció con el resurgimiento de la cultura y de las ideas clásicas durante el Renacimiento fue el concepto de que las matemáticas, en especial la geometría, eran un tema fundamental tanto para una mayor comprensión de la naturaleza como para constituir una base adecuada para el arte. Leonardo da Vinci (1452-1519) estuvo en la vanguardia de este movimiento. Como hemos visto, realizó las ilustraciones para *De Divina Proportione* de Pacioli, y los dibujos de su cuaderno son testimonio de un prolongado interés por muchos aspectos de la geometría, la proporción y la perspectiva, e incluyen esbozos de varios sólidos geométricos que no se encuentran en la obra de Pacioli, por ejemplo, una serie completa de sólidos regulares y semirregulares.

Leonardo empezó a dedicar mucho tiempo a la geometría cuando contaba alrededor de cuarenta años. Se sabe que estaba familiarizado con los cinco sólidos regulares platónicos y los trece semirregulares arquimedianos (puesto que aparecen en su colección de dibujos conocida como el *Códice Atlántico*), y que para cuando terminó su colaboración con Pacioli, andaba tan inmerso en las matemáticas que había descuidado su pintura. Un observador contemporáneo comentó en la época que «la vista de un pincel le pone de mal humor».



**ARRIBA:** autorretrato de Leonardo da Vinci cerca de los sesenta años; tiza roja sobre papel.

**PÁGINA SIGUIENTE:** sobre la edad de cuarenta años, por la época en que conoció a Luca Pacioli, Leonardo empezó a mostrarse cada vez más interesado por las matemáticas y llenó cuadernos con esbozos geométricos, ejercicios y cálculos. Por entonces, bajo la guía de Pacioli, también empezó a estudiar los *Elementos* de Euclides, dedicando al tema un centenar de hojas con anotaciones. Leonardo, que se había descrito a sí mismo como «analfabeto», realmente quería mejorar su conocimiento de la geometría formal, e incluso aprendió latín para facilitar sus estudios. No obstante, al cabo de unos años tendió a seguir su propia dirección. De forma característica, su enfoque era práctico y sus cálculos, mucho más visuales que abstractos.



De hecho, sus cuadernos revelan que realizó un estudio minucioso de los *Elementos* de Euclides a lo largo de toda una década, y posteriormente se interesó por las teorías de la proporción y varios problemas geométricos insolubles (como «doblar el cubo» y «cuadrar el círculo»). Por el lado más positivo, hizo su propia demostración del teorema de Pitágoras y desarrolló interesantes observaciones sobre secciones cónicas y áreas de superficies. Pese a todo su entusiasmo, el conocimiento que Leonardo poseía sobre geometría siguió siendo elemental; sin embargo, sus ilustraciones para la obra de Pacioli fueron justamente descritas por el autor como «figuras extraordinarias y de gran belleza». En concreto, la versión «en esqueleto» o *vacuus* de los poliedros era totalmente original, y permitió una visualización tridimensional y más completa de lo que hasta entonces había sido posible. Basándonos en su exactitud, parece probable que hizo estos dibujos a partir de modelos reales de poliedros, y que podría haber utilizado soportes ópticos para dibujarlos, por ejemplo, una ventana de perspectiva.

Queda claro por la fascinación que les suscitaba el tema, que para Leonardo y Pacioli las figuras sólidas poseían una cualidad sublime. Comprender sus formas y su interrelación era penetrar en los mismos cimientos de la realidad y equivalía a una forma de meditación. La visión de Pitágoras y sus seguidores de que la mejor manera de comprender y explicar el universo era en términos geométricos, siguió viva en el caso de Leonardo y de Pacioli.

•

Para Leonardo, la teoría óptica de la perspectiva y el modo de conseguirla en un plano iban ligados a sus estudios de geometría práctica, y ambos precisaban el uso de instrumentos adecuados. En la pintura, igual que en otras artes y oficios, el ojo resulta engañoso; herramientas como la escuadra, el compás y las varas de medir eran imprescindibles para penetrar en la realidad divina escondida tras las apariencias ilusorias. Por la misma razón, los poliedros que tanto le fascinaban no eran simples objetos para sus prácticas de dibujo, sino, en un sentido platónico, los elementos con los cuales construir la realidad. También se sentía claramente fascinado por la corporeidad de los objetos geométricos. Se podían medir, unos se transformaban en otros y era posible calcular su volumen relativo. En definitiva, ofrecían una directa y profunda experiencia de la naturaleza.

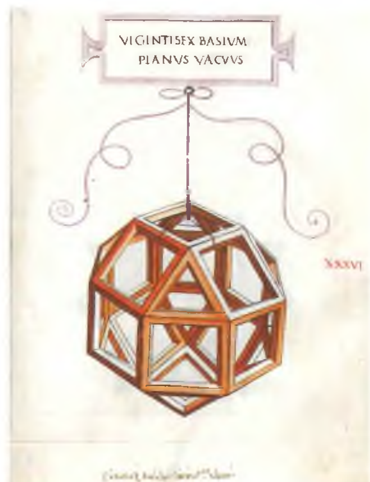
Los cuadernos de Leonardo están repletos de figuras geométricas, como si siempre las hubiera estado visualizando y dándoles vueltas en su cabeza. Los dibujos de sus intentos por «cuadrar el círculo», en uno de los cuadernos que se conservan en la Royal Collection británica, indican la magnitud de su inquieto e imaginativo enfoque hacia los problemas matemáticos. La página está completamente recubierta de pequeños bosquejos geométricos y anotaciones, y existen muchas otras de la misma índole; una contiene no menos de noventa y tres dibujos de lo que él describe como su *ludo geometrico* («juego geométrico»). En 1515 preparó centenares de problemas sobre el tema de la cuadratura para este libro, probablemente basado en el *Ludi matematici* de Alberti y *De ludo globi* de Nicolás de Cusa; ambos poseen un carácter bastante más «metafísico» que un juego de salón convencional.

En otro cuaderno Leonardo escribió un breve pasaje que indica lo serio que resultaba su compromiso con el tema en cuestión, y que contiene esta solemne frase: «Que nadie que no sea matemático lea mis principios».





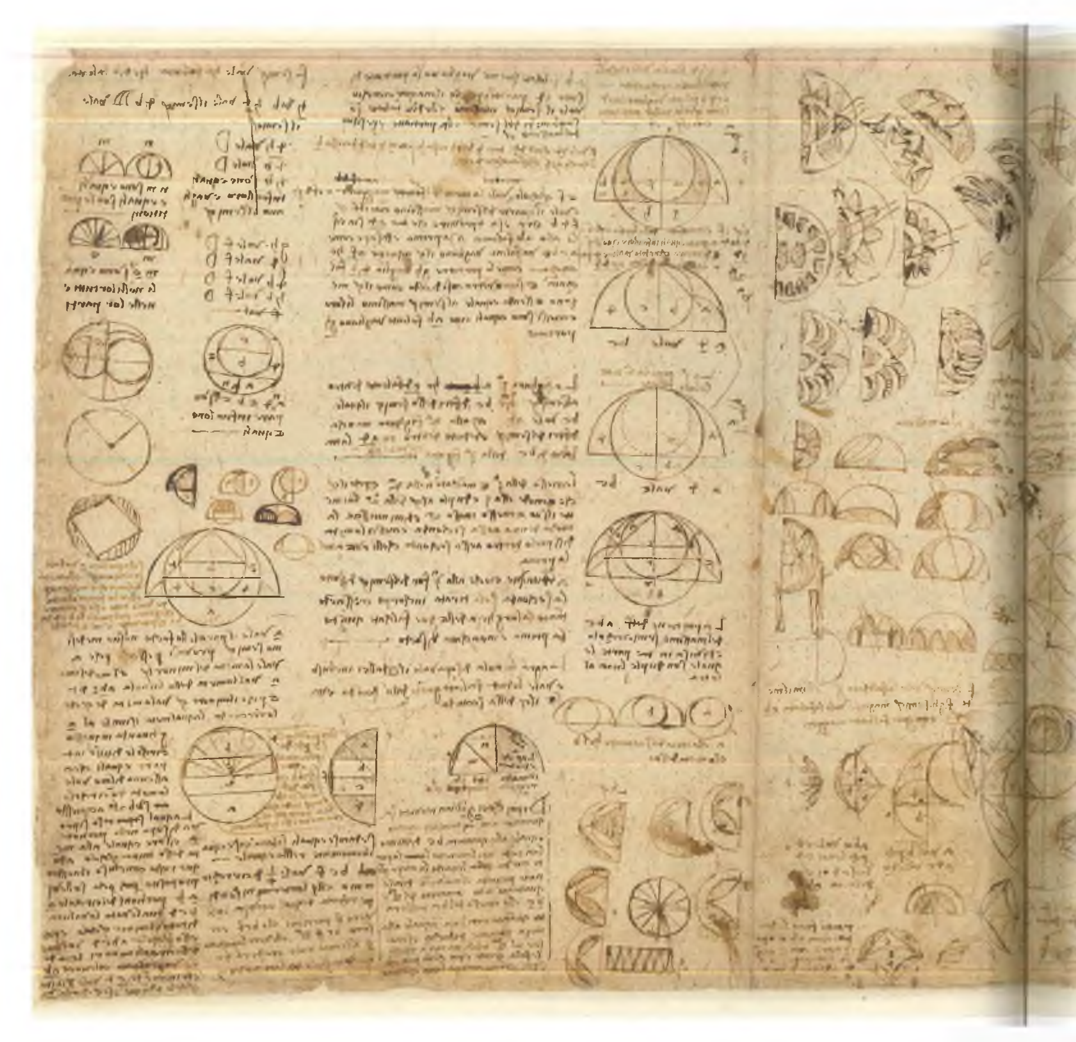








**IZQUIERDA:** estos dibujos de poliedros se realizaron originalmente para *De Divina Proportione* de Luca Pacioli, para ilustrar su exposición sobre la proporción divina o áurea. Con el añadido de etiquetas y cintas, se presentaron posteriormente como ilustraciones de página entera. Las cintas, un modo habitual durante el Renacimiento de presentar objetos científicos suspendidos, pretendían transmitir un mayor sentido de solidez y realismo, y de ese modo resaltar los principios de la perspectiva al representar la tridimensionalidad.



**ARRIBA:** los cuadernos de Leonardo contienen muchas páginas con dibujos de *lunulae*, arcos solapados de un círculo. Los utilizaba para varios fines geométricos, como para calcular raíces cuadradas o en sus intentos por solucionar los problemas de la medición de áreas (incluyendo la cuadratura del círculo). El interés de Leonardo por esta última cuestión tomó un tiempo desproporcionado en años posteriores, y es el tema principal de su tratado incompleto *De ludo geometrico (El juego geométrico)*.



**IZQUIERDA:** junto con los numerosos dibujos de poliedros de *De Divina Proportione*, cincuenta y nueve en total, Leonardo presentó un gran número de diagramas analíticos de las figuras tridimensionales presentadas en el libro, supuestamente bajo la dirección de Luca Pacioli. Fue por esta época que trabajaron juntos en este proyecto cuando Leonardo adoptó un entusiasmo por la geometría que mantuvo durante el resto de su vida. Las matemáticas y la geometría eran importantes para este hombre de curiosidad al parecer ilimitada. Sentía, de una forma genuinamente platónico-pitagórica, que todos los fenómenos naturales están gobernados por reglas matemáticas, y que todas las estructuras, tanto las naturales como las hechas por el hombre, se rigen por proporciones geométricas.

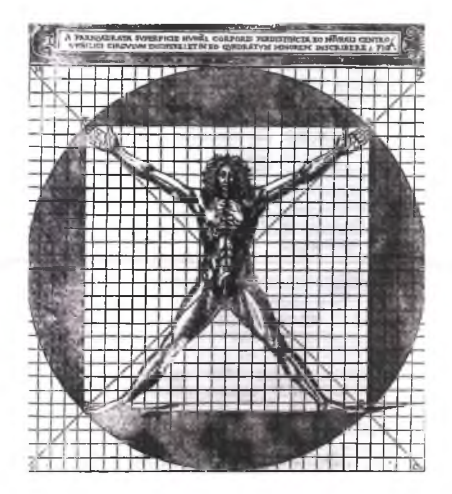
# PROPORCIÓN ARMÓNICA DE LA FIGURA HUMANA

La noción de que el cuerpo humano ideal debería atenerse a un canon de proporción —que Luca Pacioli, Leonardo da Vinci y Alberto Durero, entre otros, reavivaron y desarrollaron durante el Renacimiento—, tiene su origen en el pasado clásico. Es otro ejemplo del resurgimiento del pensamiento clásico, en especial el platónico, que se inició en la nueva Academia Platónica florentina de Marsilio Ficino. En términos platónicos, el espíritu de la investigación racional debería imbuir todos los campos de erudición y destrezas, tanto intelectuales como estéticos, siguiendo el dictado de «lo que pone su confianza en la medición es la mejor parte del alma». Por todo ello era importante descubrir las leyes correctas de la proporción para representar el cuerpo humano, al igual que las proporciones ideales en arquitectura.

Al parecer, existían antiguos precedentes egipcios que llevaban a cabo la sistematización de las proporciones del cuerpo humano. Pero el primer ejemplo de la tradición europea pertenece al del escultor griego Policleto (siglo v-principios del siglo IV a. C.). El canon de Policleto sostiene que una estatua de la forma humana ideal —y, por supuesto, la propia forma humana— debería expresar una serie de proporciones ideales. Todavía no está del todo claro lo que Policleto quería decir con ello, pero probablemente se refería a los intervalos pitagóricos, es decir, a la octava 1:2, el quinto armónico 2:3 y el cuarto armónico 3:4.

El arquitecto romano Vitruvio (*véanse* la imagen inferior y el recuadro de la pág. 101) heredó estos conceptos griegos sobre proporciones ideales, e incorporó en sus propios bocetos arquitectónicos modulares la noción de que la figura humana debería ser la fuente definitiva de proporcionalidad.

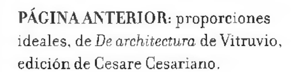
Los artistas del Renacimiento antes mencionados desarrollaron sus propios análisis y cánones de la figura humana, pero, como puede deducirse fácilmente, estos estaban muy influidos por los precedentes clásicos.



## EL HOMBRE DE VITRUVIO

El famoso dibujo de Leonardo se basa en los preceptos del canon de proporción del cuerpo humano propuesto por el arquitecto romano Vitruvio en el Libro III de su famoso e influyente tratado *De architectura*.

«Porque la naturaleza ha diseñado de tal forma el cuerpo humano que el rostro, desde la barbilla hasta la parte superior de la frente y la raíz del cabello, es una décima parte de su altura total; la mano abierta desde la muñeca hasta la punta del dedo medio es justo lo mismo; la cabeza desde la barbilla hasta la coronilla es un octavo, y con el cuello y el hombro desde la parte superior del pecho hasta el inicio de la raíz del cabello es un sexto; desde el centro del pecho hasta la coronilla es un cuarto. Si tomamos la altura del propio rostro, la distancia desde la parte inferior de la barbilla hasta la parte inferior de los orificios nasales es un tercio del mismo; la nariz desde la parte inferior de los orificios nasales hasta una línea entre las cejas es lo mismo; desde allí hasta la raíz del cabello es también un tercio, que comprende la frente. La longitud del pie es un sexto de la altura del cuerpo; la del antebrazo, un cuarto; y la anchura del pecho es también un cuarto».



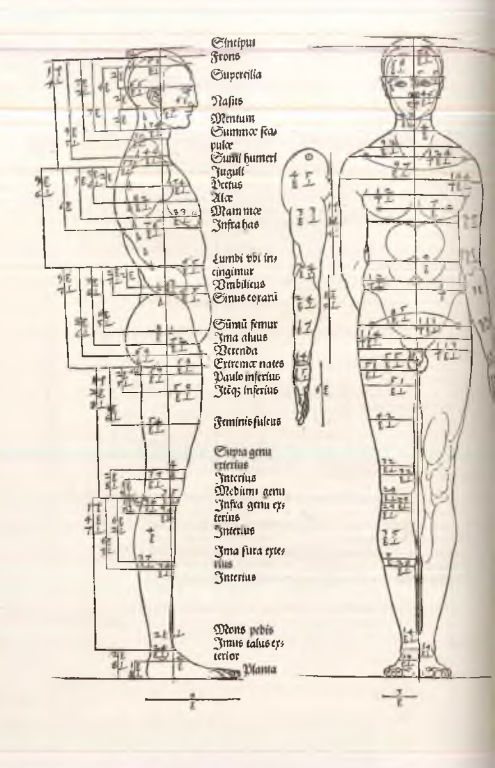
**PÁGINA ANTERIOR:** proporciones ideales, de *De architectura* de Vitruvio, edición de Cesare Cesariano.

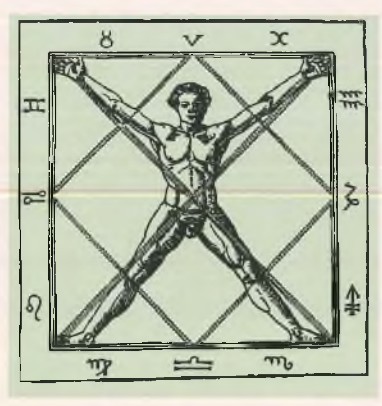
**ARRIBA:** el icónico dibujo de Leonardo del *Hombre de Vitruvio*, h. 1490, inspirado por el arquitecto romano Marco Vitruvio Polión.

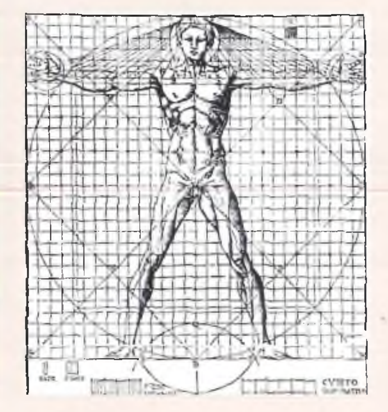
## EL HOMBRE MICROCÓSMICO

Las teorías de Vitruvio sobre la universalidad de las proporciones humanas fueron adoptadas a principios del Renacimiento por muchos científicos magos de inclinación ocultista, como Enrique Cornelio Agripa, Paracelso, Giordano Bruno y Robert Fludd (*véase* el recuadro de la pág. 207), que las vincularon a ideas místicas relativas al lugar que ocupa el hombre en el universo. Esas nociones, surgidas a partir de las traducciones de Marsilio del *Corpus hermeticum*, veían el cosmos como un macrocosmos que tenía una asociación mística y completa con el hombre, el microcosmos. De esa forma, el concepto de Vitruvio de «el hombre como la medida del universo» se ampliaba de forma divina, o mágica, para que el hombre, como caso único en la Creación, «pudiera gozar del honor de participar en todo» (Agripa, *De occulta philosophia*). El hombre —estas ideas tendían a centrarse en los representantes masculinos de la especie— «es la obra más hermosa y armónica de Dios, y contiene todos los números, medidas, pesos, movimientos, elementos y todo lo demás». Se podían encontrar correspondencias entre el cuerpo humano, los signos del zodíaco, los cuerpos celestiales y muchas otras cosas.

Como en gran parte de esta tradición ocultista europea, existían numerosas interpretaciones de este tema tan amplio, que variaban según el autor, pero la idea poseía la suficiente fuerza como para ser adoptada por posteriores sistemas de ocultismo, como la francmasonería y la orden Rosacruz.

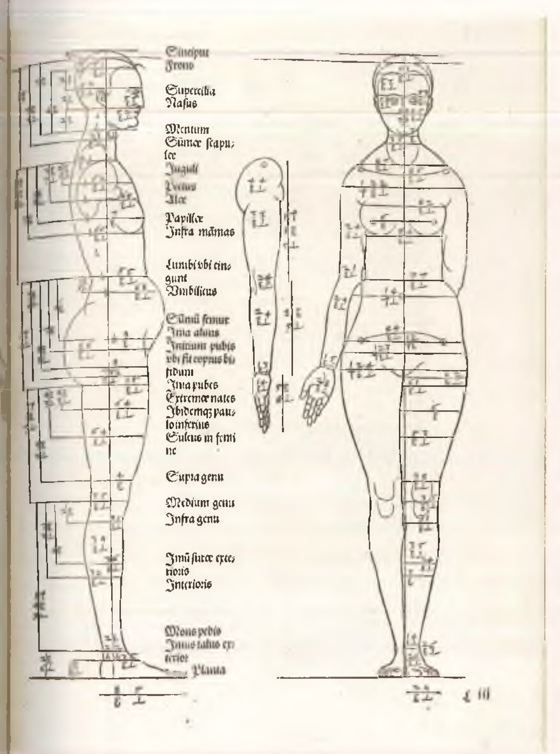




**DERECHA:** de *De occulta philosophia* de Enrique Cornelio Agripa de Nettesheim, publicado en Basilea en 1510.

**MÁS A LA DERECHA:** de *De architectura* de Vitruvio, edición de Cesare Cesariano, publicada en Italia en 1521.

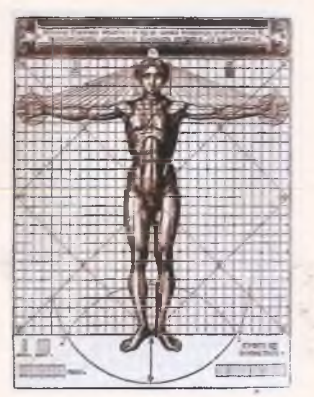






**IZQUIERDA:** páginas de *Cuatro libros sobre las proporciones humanas* de Alberto Durero. En esta obra el artista escribió: «Sostengo que la perfección de la forma y la belleza está contenida en la suma de todos los hombres».

**ARRIBA:** de *Della perspettiva* del patricio Daniele Barbaro. Este humanista hizo su propia traducción de los *Diez libros de arquitectura* de Vitruvio.



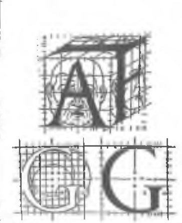
**IZQUIERDA:** también de la edición de Vitruvio de Cesare Cesariano.

# GEOMETRÍA Y PROPORCIÓN EN LA FORMA DE LAS LETRAS

En el campo de las letras, igual que en muchos otros, los humanistas del Renacimiento rechazaron su legado medieval y dirigieron su mirada hacia el pasado clásico para representar sus modelos estilísticos. Los capiteles con inscripciones de edificios romanos, abandonados desde hacía tiempo, fueron su principal fuente de inspiración. Las letras romanas inscritas en piedra, con su sentido del equilibrio y de la proporción, se basaban en principios geométricos, que los calígrafos del Renacimiento intentaron comprender y emular reconstruyendo la forma de su escritura.

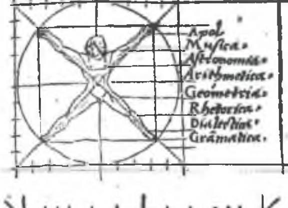
La principal figura de este resurgimiento fue Felice Feliciano (1433-1479), un anticuario y epigrafista autodidacta que dedicó su vida a descubrir y descifrar inscripciones de toda la Italia romana. Feliciano comprendió la base geométrica subyacente en las letras romanas e hizo su propia interpretación de su construcción en su *Alphabetum Romanum* de 1460. Para Feliciano, las letras romanas se formaban con el empleo de un canon derivado de Vitruvio, basado en combinaciones del círculo inscrito en una cuadrícula. La proporción entre altura y anchura de las letras era de 1:10, la proporción «perfecta» de Pitágoras.



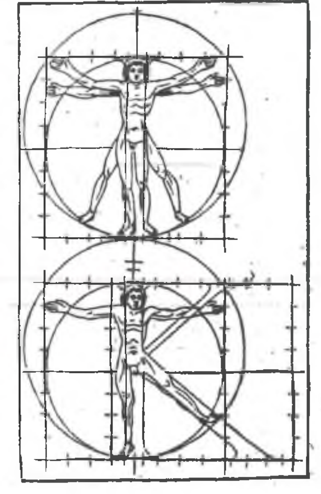








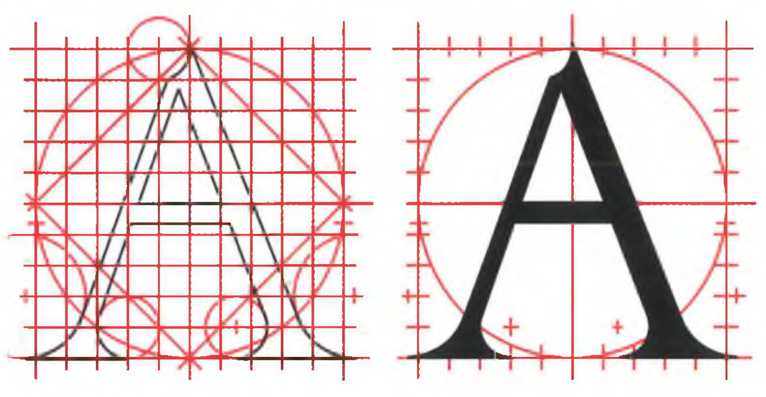


**ARRIBA Y DERECHA:**
Geoffroy Tory, un tipógrafo parisino, destacó la conexión entre las proporciones de las letras y las del cuerpo humano en su obra teórica *Champfleury* (1529). Este ingenioso e innovador tipógrafo también introdujo los acentos, el apóstrofe y la cedilla en la tipografía europea.




**IZQUIERDA:** página de la obra maestra de Alberto Durero sobre las letras, titulada *Sobre la forma justa de las letras*, de sus *Instrucciones sobre medición*.

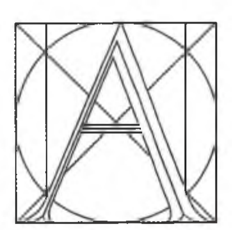


**IZQUIERDA:** de *Champfleury* de Geoffroy Tory, donde expone su teoría sobre el diseño de las mayúsculas romanas.

Feliciano vivió los años suficientes para ver su obra publicada mediante el nuevo y revolucionario proceso de la imprenta (en 1476). Pero no fue el único en aportar novedades en este campo; entre ellas destaca Luca Pacioli con su *De Divina Proportione*, el primer libro impreso sobre el tema de la construcción de letras —probablemente con la colaboración de Leonardo da Vinci— y Sigismondo Fanti. Este último, un matemático de Ferrara, publicó dos libros sobre caligrafía en los que recalca el papel que desempeña la geometría en la construcción de las letras. Al igual que Feliciano, empleó el círculo y el cuadrado como elementos de construcción, pero tendió a extender la forma de sus letras más allá de los límites estrictos de esas líneas proporcionales.

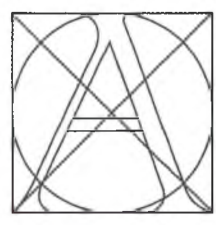
Francesco Torniello (1490-1589), matemático y fraile franciscano como Pacioli, estaba empeñado en mejorar todavía más la nueva escritura romana para los recientes requisitos de los tipos móviles. Por supuesto, en común con el resto de los tipógrafos renacentistas, empleó la geometría regular, en este caso una cuadrícula de dieciocho por dieciocho.

En su *Instrucciones sobre medición*, de 1525, Alberto Durero trata sobre las formas correctas del alfabeto latino, dando instrucciones muy precisas. Cada letra se basa en un cuadrado, y especifica que la anchura de las líneas de la letra debería quedar entre 1/13 y 1/10 del cuadrado. Los tipos de letra se derivan de arcos que también son una fracción regular del cuadrado subyacente. Su sistema de letras poseía la elegancia que uno esperaría de tan gran maestro, y representó una contribución de enorme influencia sobre el diseño europeo de tipos de letra. Tal vez sea demasiado crítico apuntar, como han hecho algunos tipógrafos, que ocasionalmente desobedecía sus propias instrucciones con el fin de obtener un resultado perfecto.

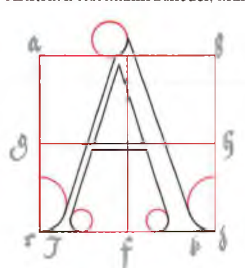




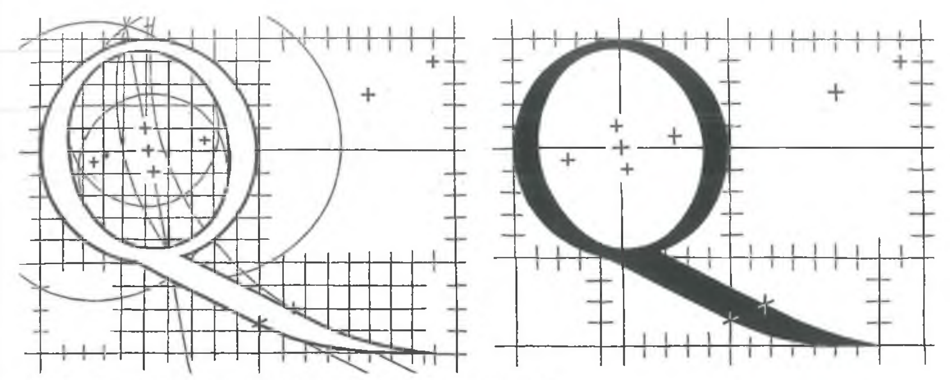
**ARRIBA:** Felice Feliciano, Verona, 1460.



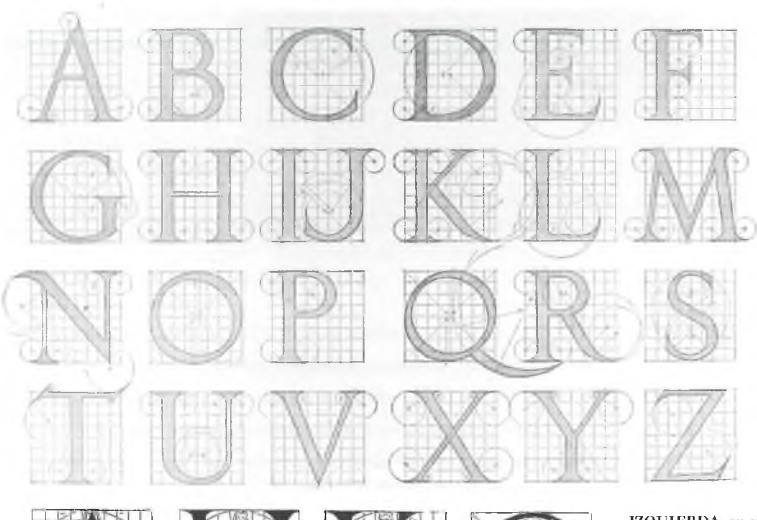
**ARRIBA:** Hartmann Schedel, Múnich, 1482.



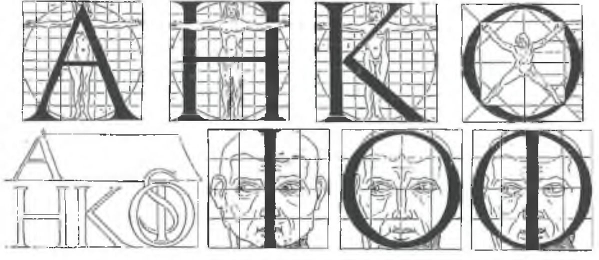
**ARRIBA:** Alberto Durero, Núremberg, 1525.



**ARRIBA:** la compleja construcción de las mayúsculas de Geoffroy Tory en su *Champfleury*, 1529.



**IZQUIERDA:** una versión moderna de las mayúsculas de Durero, adaptadas y reconstruidas por F. C. Brown.



**IZQUIERDA:** en su *Champfleury*, Tory consigue combinar su sistema de tipos de letra basados en una cuadrícula con su interés por las proporciones humanas y la fisiognomía.

# CIUDADES IDEALES DEL RENACIMIENTO

**ARRIBA:** la ciudad fortificada de Milán en el siglo XVI, del *Mappa di Antonio Lafreri*.

Existió una moda, que perduró durante todo el Renacimiento, por la conceptualización de una *ciudad ideal*. Había diversas motivaciones tras esas empresas de inspiración utópica: crear espacios más agradables donde vivir, inspirar a la ciudadanía, mejorar el clima moral y, no menos importante, consolidar el gobierno local. Por encima de todo, la ciudad ideal, a diferencia de las medievales existentes, sería *planificada*. Algunos teóricos se preocupaban por la reforma de la estructura social de las ciudades, pero para la mayoría el énfasis residía en la ordenación *física* de la *città ideale*; muchos asumían que el plano urbano ideal estaría basado en una configuración geométrica sencilla, de preferencia poligonal. Esto correspondía en parte a un deseo de recrear las formaciones de cuadrícula regular de las ciudades romanas, pero también era un reflejo de la asociación platónica entre formas ideales y geometría. Muchas de las figuras prominentes del Renacimiento italiano, artistas, escultores y filósofos además de arquitectos, contribuyeron a este debate, entre ellos Leon Battista Alberti, Leonardo da Vinci y Alberto Durero.

Como en el caso de muchos movimientos intelectuales renacentistas, gran parte de la inspiración para estas ideas provenía del pasado clásico. Dos fuentes fueron de especial importancia: *La República* de Platón, en sí misma una descripción de una sociedad ideal, y *De architectura* de Vitruvio, cuya primera parte está dedicada a la planificación urbana. Más adelante se le añadió un sabor claramente utópico a esas especulaciones, desencadenado por la *Utopía* de Tomás Moro publicada en 1516 (*véase* el recuadro de la pág. sig.). Este libro generó un gran interés entre los círculos humanistas de toda Europa y dio pie a un torrente de literatura utópica.*

Alberti, cuyo libro sobre perspectiva, *Della pittura*, había ejercido una profunda influencia sobre los artistas del Renacimiento, se unió a este debate con otro tratado clásico, *De re aedificatoria (Sobre el arte de edificar)***.

## LA UTOPÍA DE MORO

La primera publicación en latín de la *Utopía* (del griego *outopia*, que significa *no lugar*) de Tomás Moro data de 1516. Es una obra notable, entre otras cosas porque las intenciones de Moro al escribirla y su actitud hacia la sociedad igualitaria que retrata no están del todo claras. Su *Utopía* —un término de su invención— es comunista hasta el aburrimiento. Todas las ciudades de su visión están construidas sobre el mismo plano uniforme; todos los habitantes hablan la misma lengua, están gobernados por idénticas leyes y además comparten las mismas costumbres e instituciones. En el ámbito material, todos ellos comparten la riqueza. Las ciudades de este reino presentan una planta geométrica y están amuralladas. Los ciudadanos, al contrario de los que existían en los países europeos, se comportan de un modo totalmente racional, son tolerantes en cuanto al tema de la religión y poseen unos valores éticos elevados. Por ello, las maneras de los habitantes de la ciudad reflejan la disposición cívica y ordenada de la ciudad.



**ARRIBA:** Tomás Moro, por Hans Holbein.

Las ideas de Moro se inspiran claramente en Platón (especialmente en *La República*, pero también en *De architectura* del arquitecto romano Vitruvio), pero reinterpreta estas y otras fuentes según su perspectiva cristiana y humanista. Aunque no fue el primer libro en exponer ideas para una sociedad más equitativa, las propuestas de Moro generaron gran interés e inspiraron a muchos otros para crear sus propias versiones de ciudades y sociedades perfectas, especialmente en Italia, donde su obra se tradujo en 1548. También estableció un género literario que iba a perdurar, el de la ficción utópica. Resulta irónico que *Utopía* no se publicara en Inglaterra hasta 1551, dieciséis años después de que Tomás Moro fuera ejecutado por traición por orden del rey Enrique VIII.

Esta obra de diez libros se basaba en gran parte en Vitruvio e incluía citas de varios autores clásicos. Alberti trata sobre los tipos y usos de diferentes materiales, describe métodos de construcción, y dedica cuatro de sus libros a la correcta ornamentación de edificios según su función cívica. También presenta su propia visión estética de edificios y planificación urbana, declarando que «la armonía de todas las partes» dependía de la disposición de número y proporción. Alberti emplea el círculo y el cuadrado como formas ideales, sobre todo para las plantas de edificios sagrados, y asocia polígonos regulares y rectángulos derivados de las mismas con armonías musicales. Existe un claro vínculo con los principios pitagóricos, que por supuesto también habría observado en Vitruvio.

Unos veinte años después del libro de Alberti, apareció otra obra que trataba de los mismos temas. El *Trattato di architettura* de Filarete también se basaba en Vitruvio y se interesaba por el misticismo numérico de Pitágoras, pero es una producción de índole muy distinta. «Filarete», o Antonio di Pietro Averlino, emplea la forma clásica de diálogo. El libro se presenta en forma de una prolongada disertación entre un arquitecto y su patrón, intercalando consejos técnicos de carácter pragmático sobre la construcción de edificios y especulaciones sobre el poder mágico de la geometría y la importancia de los cálculos

astrológicos. Filarete construye complejas categorías de edificios según su edad y función y, en común con Vitruvio, basa la escala de sus construcciones en la figura humana, tomando la cabeza como unidad arquitectónica básica. Al igual que otros esquemas de este tipo, existe una interacción entre las consideraciones estéticas y las éticas y morales. Filarete no deja de recalcar la necesidad de mantener una armonía celestial, aunque el punto central de su libro es la propuesta de una nueva ciudad, Sforzinda, encargada por su patrón el *condottiero* Francesco Sforza, duque de Milán (*véase* el recuadro de esta misma pág.).

El *Trattato di architettura* de Francesco di Giorgio Martini es una contribución mucho más realista a esta forma literaria. Se trata de un tratado completo y ampliamente ilustrado sobre prácticas arquitectónicas que recopiló a lo largo de los veinte años de su carrera, con la intención de que fuera un manual de trabajo para los aspirantes a arquitecto. En 1482, año de su publicación, resultaba muy original porque no existía precedente alguno de una obra de referencia tan exhaustiva. Francesco di Giorgio menospreciaba el tratado sobre arquitectura de Alberti y claramente quería producir una obra que él considerara de mucha más utilidad, algo que consiguió sin duda gracias al extenso número de consejos teóricos y prácticos para arquitectos y constructores. Muchas de sus innovaciones se adoptaron en el campo de la construcción y se convirtieron en parte del repertorio arquitectónico. La tercera sección de dicho compendio trata en gran parte de sus ideas sobre una ciudad ideal, que iban ilustradas, tal como era habitual, con detalladas plantas geométricas. Francesco di Giorgio fue el estereotipo de su época al identificar las plantas de las iglesias y sus planos urbanísticos con la forma de la figura humana.

## VISIONES UTÓPICAS RENACENTISTAS

Estos paisajes urbanos imaginarios, todos ellos de la segunda mitad del siglo XVI, se pueden considerar la perfecta expresión del entrelazamiento de las diversas inquietudes de la época. El Renacimiento fue, antes que nada, una época de renovación; surgieron nuevas ideas, no solo sobre temas de pintura y arquitectura, sino también de tecnología, organización social y filosofía. Las visiones utópicas de los paisajes urbanos ideales aquí mostrados reflejan esas aspiraciones, que incluyen una nostalgia por el formalismo geométrico de la arquitectura clásica. El sentido onírico del espacio y el brillo de estas imágenes, así como la ausencia de esas molestas intrusiones (las personas), retratan una visión idealizada de la ciudad en claro contraste con la realidad bulliciosa y escuálida de las ciudades medievales con las que la mayoría de los autores estaban familiarizados. Este es el escenario de un paraíso utópico humanista, que refleja sus ambiciones de una reforma total de formas y cultura.

De todos modos, existen dudas sobre el origen y el propósito artístico exacto de estas pinturas, así como también sobre sus títulos originales. El medio usado es la pintura al temple, y el tema y el estilo de la pintura son muy similares; si no están hechas por el mismo autor, es probable que existiera algún contacto entre los artistas. Cabe la posibilidad de que fuera el duque de Urbino, Federico da Montefeltro, quien encargara todos los cuadros; ciertamente se habría sentido atraído por el tema de la ciudad ideal. La versión superior (*véase* la pág. sig.) se ha atribuido a Piero della Francesca, a Leon Battista Alberti, a Luciano Laurana y a Francesco di Giorgio Martini, cuatro personalidades artísticas bien diferenciadas. La pintura central, también conocida como *La ciudad ideal*, se suele asociar con Fra Carnevale, pero hay quien ve la mano de Martini en esta obra. La versión inferior es un panel originalmente destinado a decorar un *cassone* (baúl para vestimentas o ropa de casa), y puede haber sido obra de Francesco di Giorgio. Ninguna de estas atribuciones es del todo fiable, pero está claro que, fuera quien fuera su autor, dominaba las técnicas de la perspectiva recién formuladas.



En esa ecuación antropomórfica, el hombre, como creación divina, representaba la perfección: la forma humana y la simetría se convirtieron en la base de la forma y la simetría arquitectónicas.

•

Desde un buen principio, la *città ideale* del Renacimiento italiano se concibió como una ciudad fortificada, nada sorprendente si se considera la continua amenaza de guerra durante esa época. Pero a lo largo del siglo XVI las ideas sobre una ciudad ideal y la necesidad de otras nuevas defendibles se fueron acercando; también la moda tenía algo que ver con ello. Hacia mediados de siglo, muchas de las características de teorías anteriores, junto con las últimas ideas sobre fortificación, se iban incorporando a las ciudades de nueva creación y adaptando a las ya existentes.

## FORTIFICACIONES EN FORMA DE ESTRELLA

Las fortificaciones en forma de estrella o *trace italienne*, introducidas como medida para hacer frente al uso cada vez más frecuente de cañones en la guerra de asedio, se desarrollaron en paralelo y con una interacción continuada con las ideas renacentistas sobre la ciudad ideal. En Italia en particular, el despliegue de extensas almenas para el fuego de cobertura se convirtió en una necesidad logística para enfrentarse a los cañones más modernos de los invasores franceses de la península. Esta configuración acababa con las «zonas muertas», evitando que el enemigo se acercara demasiado a las puertas de la ciudad. Otros aspectos de la defensa militar, como cuadrículas de calles complejas y defendibles, también se tuvieron en cuenta para la planificación urbana a partir de mediados del siglo XVI.

Los problemas de fortificación atrajeron la atención de teóricos y profesionales de la época en Italia —como Miguel Ángel, que ayudó a rediseñar las defensas de Florencia—, y las soluciones planteadas destacaron entre muchas propuestas sobre ciudades ideales. A mediados del siglo XVI los planes defensivos que propugnaban los arquitectos y teóricos militares italianos, en especial la fortificación en forma de estrella, se adoptaron en toda Europa, donde la forma perduró hasta la invención del obús en el siglo XIX, un avance que convirtió en obsoletas esas fortificaciones.



Plantas de fortalezas en forma de estrella de *Fortifications et artifices, architecture et perspective* de Jacques Ferret.

Así es como se fueron erigiendo por toda Europa varios tipos de fortalezas de planta estrellada, para consolidar fronteras: en Francia por orden de Francisco I, en las posesiones españolas de los Países Bajos, en Chipre por orden de los venecianos, y en las fronteras entre los Habsburgo y los turcos otomanos por orden de Rodolfo II. Surgieron ocasionales conflictos entre los ideales de la arquitectura geométrica y los requisitos más mundanos del contingente militar, pero el uso continuado del plan poligonal en forma de estrella siguió perdurando.

*Incluyendo *La ciudad del Sol* de Tommaso de Campanella y *La ciudad de la verdad* de Bartolomeo Del Bene.
**La obra de Alberti se convirtió en el primer libro impreso sobre arquitectura (1485), seguido de cerca por la primera versión impresa de Vitruvio (1486).

## SFORZINDA Y PALMANOVA

El primer plano detallado de una ciudad ideal renacentista fue el del arquitecto florentino Filarete (Antonio di Pietro Averlino) en su *Trattato di architettura* de 1465. Se llamó **Sforzinda** por Francesco Sforza, duque de Milán y fundador de la dinastía de los Sforza. Nunca se llegó a construir, pero representó la pieza de planificación urbana más meticulosa que jamás se había visto hasta entonces. Sforzinda consistía en un patrón de estrella de cinco puntas basada en dos cuadrados colocados a 45°, que encerraban una red de calles concéntrica. Habría dos torres en los puntos exteriores de la estrella y puertas en las esquinas interiores, hacia las que las avenidas de la ciudad irradiaban desde una plaza central. Esta configuración incluía un complejo sistema de canales interconectados que irían unidos a un río para facilitar la distribución de todo tipo de mercancías, hacia el interior y hacia el exterior. Aunque nunca llegó a construirse, el plano de Filarete ejerció una gran influencia sobre la planificación de otras ciudades, incluyendo algunas que sí se materializaron. Se convirtió en una especie de prototipo de la ciudad utópica del Renacimiento, dando paso a toda una serie de versiones distintas, siendo **Palmanova** la más destacada.

Palmanova fue fundada por la República de Venecia en conmemoración de su victoria sobre los turcos otomanos en la batalla de Lepanto, y como defensa contra posibles incursiones futuras por ese flanco. Sforzinda fue la fuente primaria de inspiración para esta nueva ciudad fortificada. Al igual que Sforzinda, Palmanova se concibió como una



**ARRIBA:** la ciudad fortificada de *Palmanova*, la realización más completa de la ciudad ideal renacentista. Este proyecto fue supervisado por el patricio aristócrata Mercantonio Barbaro, hermano del humanista Daniele Barbaro.

ciudad concéntrica, de planta estrellada, con una serie de carreteras de circunvalación que se cruzaban con avenidas radiales. El arquitecto responsable, Giulio Savorgnano, propuso que todo ciudadano tuviera el mismo acceso a tierras e instalaciones (tal vez como un eco de la *Utopía* de Moro), y se esperaba que la geometría armoniosa de la ciudad fomentara la sensación de bienestar y de cultura. Por desgracia eso no sería así, puesto que los venecianos eran demasiado reacios a dejar sus confines acuáticos, por lo que en esencia iba a ser una ciudad de guarnición en una frontera incierta.

# ANDREA PALLADIO Y LAS PROPORCIONES ARMÓNICAS

El proyecto humanista de reavivar la cultura de la Antigüedad tuvo una gran influencia sobre la arquitectura del Renacimiento. Una figura destacada de este movimiento (de hecho, una de las más influyentes de la historia de la arquitectura europea) fue Andrea Palladio (1508-1580).

Palladio nació en Padua, en modestas circunstancias, con el nombre de Andrea di Pietro. Su extraordinaria carrera empezó cuando fue a trabajar para unos canteros locales, y a la edad de 16 años se trasladó a la cercana Vicenza, donde se convirtió en miembro del Gremio de Canteros y Albañiles. Su talento fue ampliamente reconocido mientras trabajaba en la villa del erudito y autor humanista Gian Giorgio Trissino, el intelectual más destacado de la República veneciana de la época, cuyos intereses abarcaban la literatura, la ciencia, la medicina y la botánica. Se convirtió en profesor y mentor del joven Andrea y decidió educarlo en los clásicos. Tan receptivo fue su alumno a su conocimiento que le dio el nombre de Palladio, por Palas Atenea, la diosa griega de la sabiduría. Palladio pronto compartió la pasión de Trissino por la arquitectura romana y por la obra del arquitecto romano Vitruvio (*véase* el recuadro de la pág. 101). Y tal fue el entusiasmo que ambos sentían por el tema, que realizaron viajes a Roma para dibujar y medir los monumentos que quedaban en pie. Esas expediciones, junto con el libro de Vitruvio *De architectura*, al que también lo introdujo Trissino, causaron una gran impresión en Palladio e inspiraron su propio desarrollo como arquitecto.

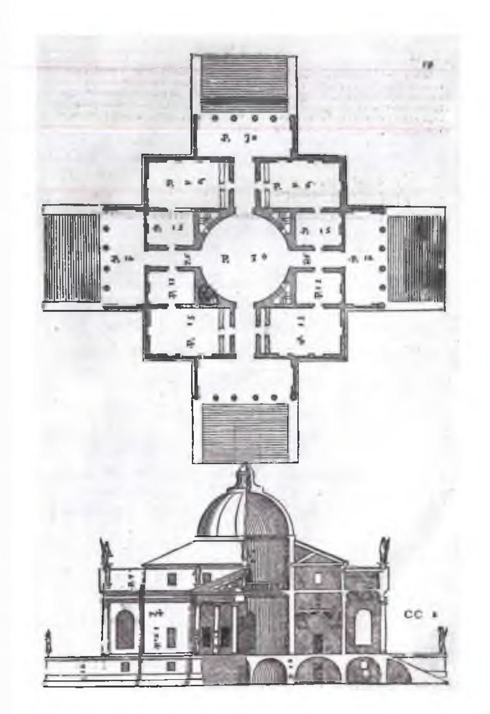


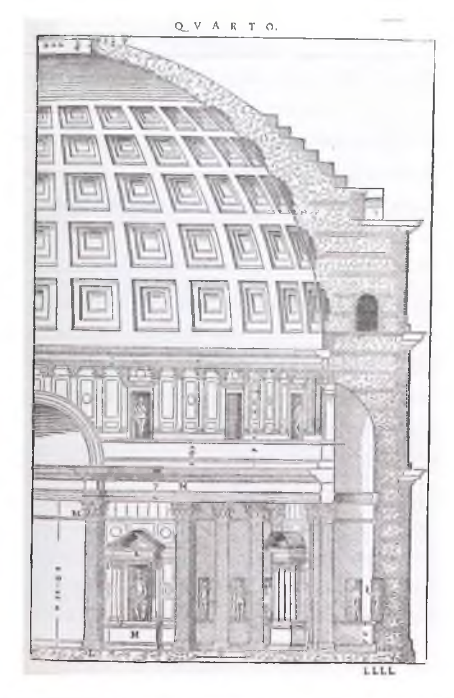

**ARRIBA:** Andrea Palladio 1508-1580

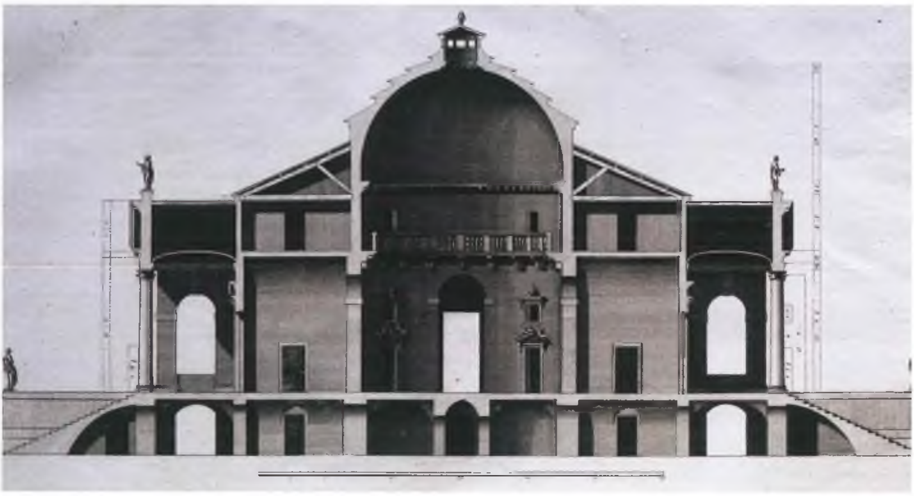
Además de adquirir una educación clásica en la villa de Trissino, Palladio hizo amistad con muchos jóvenes aristócratas de Vicenza, algunos de los cuales se convirtieron en sus mecenas.

Palladio llegó a encargarse aproximadamente de cuarenta villas tan solo en Vicenza, y el estilo que desarrolló iba a ejercer una enorme influencia en la arquitectura occidental. Sus diseños se caracterizaban por una geometría sencilla pero impactante,

**PÁGINA SIGUIENTE, ARRIBA, IZQUIERDA Y ABAJO:** planos, alzados y vistas seccionales de la arquitectura de Palladio. **ARRIBA, DERECHA:** dibujo de Palladio del Panteón romano, para su obra magna *I quattro libri dell'architettura (Los cuatro libros de la arquitectura)*, publicado en Venecia en 1570.




QVARTO.
LLLL



con las habitaciones dispuestas según razones matemáticas armónicas.

Palladio también tuvo la audacia de adoptar la forma de los frontones y columnas de los templos clásicos griegos para las fachadas de las residencias particulares de sus clientes de Vicenza. Al cabo de unos veinte años como arquitecto de éxito, publicó *I quattro libri dell'architettura* (*Los cuatro libros de la arquitectura*, 1570), una obra claramente inspirada en *De architectura* de Vitruvio. Contenía varios de los dibujos de Palladio de reconstrucciones de edificios romanos, pero su interés principal era presentar sus propias teorías arquitectónicas, que resultaron ser muy influyentes. Sus ideas se fueron aceptando gradualmente en toda Europa y tuvieron éxito especialmente en Inglaterra. En esencia, el palladianismo, como así se denominó su estilo, iba más allá del clasicismo renacentista, a pesar de que su visión estaba totalmente imbuida del platonismo que había aprendido de Trissino. La fuente original de este movimiento, por supuesto, eran los conceptos desarrollados en la Academia Florentina de Marsilio Ficino; la proporción armónica era la clave de la belleza, tanto en la arquitectura como en el arte y la música.

•

La obra *De architectura* de Vitruvio se había redescubierto en 1414 y, como el único tratado sobre arquitectura del período clásico que se había conservado, se convirtió en una fuente principal de inspiración para todos los arquitectos renacentistas interesados en el resurgimiento del clasicismo. Desde el momento en que Palladio conoció esta obra, sintonizó con los principios de proporción y simetría que alababa, es decir, con las proporciones armónicas que el autor describía como revelaciones de Pitágoras y Platón. Palladio también respaldaba la noción de Vitruvio de que los edificios deberían reflejar las supuestas proporciones ideales del cuerpo humano, creadas por voluntad divina. La suposición subyacente era que los edificios tenían que ser partícipes del orden cósmico y reflejar su armonía.

Palladio hizo su propia interpretación de los armónicos pitagóricos y concibió un conjunto de reglas generales sobre la proporción arquitectónica.

## PALLADIO Y EL CARDENAL DANIELE BARBARO

Cuando murió su amigo y patrón Gian Giorgio Trissino, Palladio encontró nuevos protectores en los poderosos hermanos Barbaro, Daniele y Marcantonio. Daniele Barbaro era un prominente intelectual humanista y patrón de las artes y las ciencias. Animó a Palladio a seguir con su entusiasmo por la arquitectura clásica, y lo acompañó en algunas de sus visitas a Roma. La influencia de los Barbaro le abrió a Palladio las puertas de los círculos patricios de Venecia, donde llegó a convertirse en el principal arquitecto de la República.

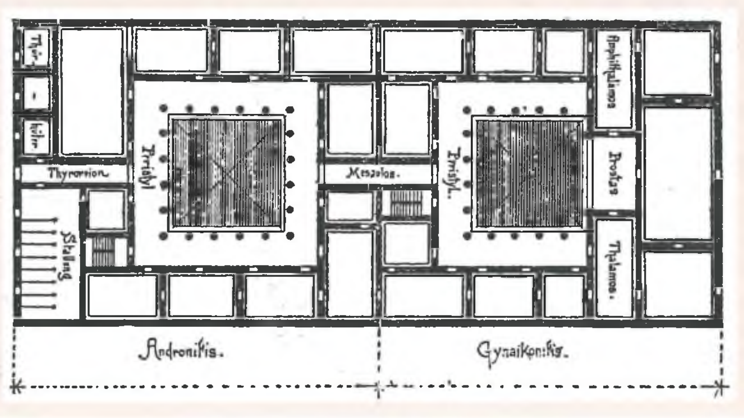
Daniele Barbaro era un hombre complejo y polifacético por derecho propio. Fue autor de varios libros sobre una gran variedad de temas, entre otros filosofía, matemáticas y astronomía; cabe destacar que también era arquitecto. En el año 1567 Barbaro publicó un comentario sobre *De architectura* de Vitruvio, con dibujos de Palladio, en una obra que se considera la culminación de los intentos renacentistas por comprender su contenido teórico. En la época el comentario de Barbaro constituyó sin duda alguna una contribución destacable al debate sobre la estética en general, y resulta muy interesante que reconozca la experiencia de Palladio, tanto en arquitectura como en arqueología, en su interpretación de este tema.

Adoptó la recomendación de Vitruvio sobre módulos fijos y propuso siete proporciones distintas para las formas de las habitaciones, y tres para la proporción entre altura y anchura, todas ellas conforme a las proporciones regulares pitagóricas: 3:4, 2:3, 3:5, etc. (la única excepción fue la de √2:1). Los principios «sinfónicos» de Palladio sobre la proporción arquitectónica, asociados a los valores espaciales musicales, coincidían con las ambiciones renacentistas de reavivar la grandeza y la elegancia del pasado clásico.

## VITRUVIO Y *DE ARCHITECTURA*

Marco Vitruvio Polión, conocido simplemente como Vitruvio, escribió su obra maestra *De architectura* en Roma sobre el año 15 a. C., en época del emperador Augusto. Esta obra enciclopédica trataba de todos los aspectos de la arquitectura romana, la planificación urbana y la ingeniería civil. Consiste en diez libros dedicados a temas tan específicos como la elección del solar, los materiales adecuados para edificios concretos, métodos de trabajo y la formación de arquitectos. Vitruvio tenía gran experiencia personal en estos campos, pero parece que también se inspiró en antiguos escritos de arquitectos griegos y etruscos.

De particular interés resulta la sección donde Vitruvio expone sus observaciones sobre la estética arquitectónica (capítulo 2 del Libro 1), ideas que claramente imperaban en la época en que lo escribió. Según ellas, el canon arquitectónico se deriva de cuatro categorías independientes: *ordinatio*, *dispositio*, *eurythmia* y *symmetria* (todos términos de origen griego). *Symmetria* significa que las medidas de las distintas partes de un edificio deberían mantener una proporción regular entre sí para expresar la belleza del orden. *Eurythmia* trata de la colocación de los diversos elementos de un edificio, la belleza de la disposición. *Ordinatio* y *dispositio* son las maneras de conseguir estos valores. Vitruvio se esfuerza por explicar que la armonía arquitectónica surge tanto de los detalles de un edificio como del modo en que se corresponden con la forma del diseño como conjunto. A lo largo de sus escritos emplea el cuerpo humano, con sus proporciones de cúbito, pie, palma y pulgada, como modelo de *eurythmia*. En el Renacimiento, con el redescubrimiento de *De architectura*, este último concepto se convirtió en un axioma arquitectónico universalmente aceptado, aunque hay que mencionar que estuvo sujeto a distintas interpretaciones.




**IZQUIERDA:** planta de una casa griega, de *De architectura* de Vitruvio.

# GEOMETRÍA Y LAS ARTES LIBERALES




**ARRIBA:** «Filosofía y las siete artes liberales», del manuscrito del siglo XII *Hortus deliciarum*, que bebía de fuentes clásicas e islámicas. Las artes liberales fueron una parte esencial del programa de estudios básico de los períodos clásico tardío y romano.

Las siete artes liberales*, cuyos orígenes se remontan al mundo clásico griego y romano, se convirtieron en el sistema educativo formal que se enseñó durante siglos en la Europa medieval. Los eruditos del Renacimiento, a su vez, adoptaron este plan de estudios académicos. La *geometría* siempre había sido uno de los temas de las artes liberales, aunque ninguno de esos términos tenía el mismo significado actual. Las artes liberales abarcaban una serie más amplia de temas que las «artes» modernas, incluyendo, por ejemplo, matemáticas, dialéctica y astronomía. La *geometría* estaba conceptualmente más cerca de sus orígenes como la ciencia de la «medición de la Tierra» que la idea actual como rama de las matemáticas puras.

El programa de las artes liberales se había revisado en varios puntos de su larga historia, en especial durante la transición de la Edad Media (cuando formaba la base del escolasticismo) al Renacimiento (donde se ajustó para que encajara con los criterios del nuevo programa humanista). El propio término *humanista* se deriva de la expresión medieval tardía *studia humanitatis*, «estudios de la humanidad», que se diferencian

*Tradicionalmente las artes liberales se componían del *Trivium* (gramática, retórica y dialéctica) y del *Quadrivium* (música, aritmética, geometría y astronomía).



**IZQUIERDA:** Geometría rodeada por sus instrumentos de agrimensura y de medición, como una de las «siete artes animadas», un tema popular en los grabados del siglo XVI; de una serie realizada por Cornelis Cort (1533-1578). Al pie se lee: «La investigación de las distancias pertenece a la geometría, así como también la altura, la longitud y la anchura de los cuerpos».

de los «estudios de lo divino». Representó un cambio en el enfoque moral, de lo puramente espiritual al desarrollo de la virtud en todas sus formas, incluyendo la cívica.

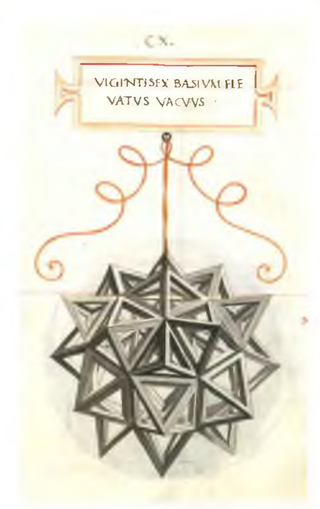
A lo largo del siglo XVI la versión humanista de las artes liberales se propagó rápidamente por toda Europa, donde se convirtió en la base de los nuevos requisitos educativos no solo para las élites que gobernaban, como en el pasado, sino también para los hijos de la creciente clase alta y media-alta, cada vez con mayores aspiraciones. Las ventajas de una amplia educación en todos los aspectos de la vida civil se habían ido haciendo cada vez más patentes, tanto para los gobernantes como para aquellos que aspiraban a ocupar un lugar en el mundo. Además, la adquisición de conocimiento se había convertido en una moda.

La representación de las siete artes liberales como figuras femeninas, junto con sus atributos correspondientes, es prácticamente tan antigua como el propio sistema; el ejemplo más temprano data del siglo V d. C. Durante los siglos XV y XVI el nuevo invento de la imprenta permitió la realización de grabados, y este tema se hizo muy popular. En estas versiones se suele representar a Geometría acompañada por un globo terráqueo y los instrumentos de su oficio (reglas, compases de punta, escuadras, etc.). Los grabados también suelen incluir a representantes del arte liberal que se está describiendo, por lo general un personaje importante de la Antigüedad. En el caso de Geometría, siempre es Euclides.

# MOTIVOS GEOMÉTRICOS DE LA TARACEA ITALIANA

Las técnicas de taracea, que implican un delicado trabajo de incrustación, formaban parte del rico legado artístico islámico, que llegó a Europa a través de España. El término podría derivar de la palabra árabe *tarsi*, que significa mosaico o incrustación. La ciudad italiana de Siena, en especial, era conocida por su excelente trabajo en talla de madera, y existen registros de mediados del siglo XV sobre paneles y puertas decoradas con tallas. Esta tradición alcanzó su punto álgido un siglo más tarde, y entre las mejores obras producidas se encuentran las de los maestros Fra Giovanni da Verona (h. 1433-1515) y Damiano da Bergamo (h. 1490-1549), cuyas creaciones claramente comparten las inquietudes de quienes cultivaban las bellas artes en la época. Los motivos de perspectiva y geométricos eran comunes en los paneles taraceados de la Italia de principios del siglo XVI, así como los efectos de trampantojo. Resulta interesante mencionar que, al parecer, Fra Giovanni empleó calcos de los dibujos de figuras geométricas de Leonardo da Vinci en algunos de sus paneles, donde claramente se consideraban temas adecuados para la meditación religiosa. Las primeras obras de taracea fueron exclusivamente eclesiásticas, pero pronto las adoptaron los ricos eruditos humanistas para sus propios estudios y como objetos para sus meditaciones.

El historiador Vasari situó el género dentro del campo de la pintura, y muchos de los artesanos de la taracea dependían de pintores para que les pasaran dibujos preparatorios para sus paneles. El medio se presta a los temas geométricos, y quedó totalmente vinculado al desarrollo de la perspectiva de la época, compartiendo muchos de sus temas. El catálogo de taracea con frecuencia presenta objetos geométricos y litúrgicos, y también suele mostrar instrumentos científicos, junto con numerosas representaciones de paisajes urbanos mágicos e idealizados. Cada objeto de esos paneles parece poseer algún valor simbólico, y muchos de ellos parecen reflejar la armonía universal de la especulación neoplatónica.




**IZQUIERDA:** *De Divina Proportione* de Luca Pacioli. Con dibujos de Leonardo da Vinci, se convirtió en el libro de referencia de Fra Giovanni para realizar sus paneles taraceados.



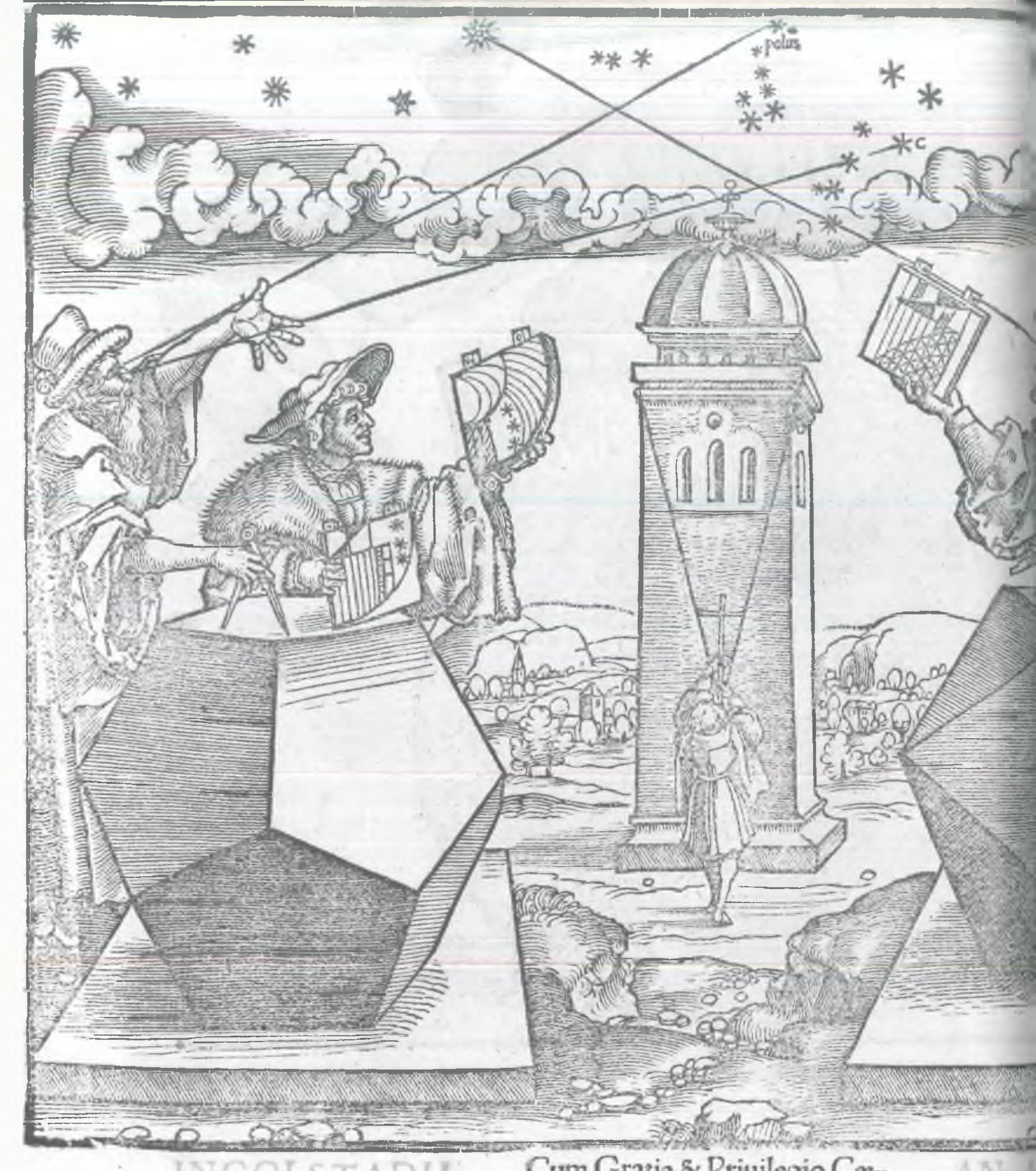
**IZQUIERDA Y ARRIBA:** las figuras geométricas son un motivo habitual de la taracea italiana, como objetos de contemplación.



**ARRIBA:** panel taraceado que representa a Astronomía. Fra Giovanni, abadía de Monte Olivetto Maggiore, Siena.



**ARRIBA:** panel taraceado de Fra Damiano Zambelli (1490-1549), también conocido como Damiano da Bergamo. Basílica de San Domingo, Bolonia.




INGOLSTADII Cum Gratia & Priuilegio Cæsareo ad Triginta Annos. AN.




# III

# *La* GEOMETRÍA *y el* RENACIMIENTO NÓRDICO

*El notable resurgimiento del interés por la geometría y los avances en perspectiva y óptica que se produjeron en Italia a principios del Renacimiento tuvieron su equivalente en el norte de los Alpes y, como había sido el caso en Italia, la importancia de las figuras asociadas con esos temas es indicativa del alto valor que se les otorgaba.*

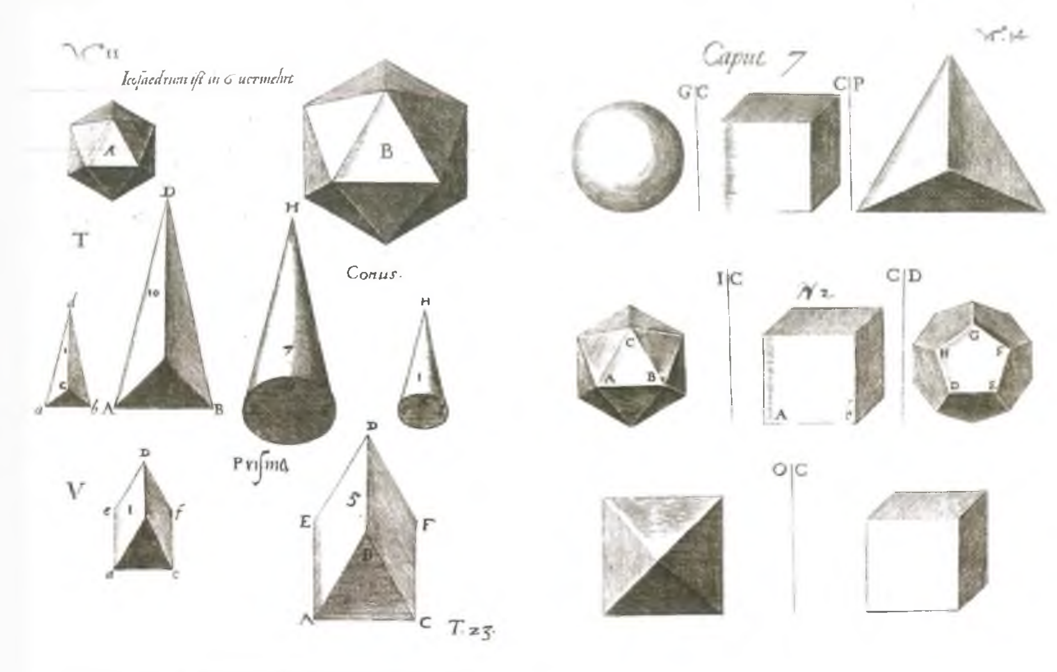
**IZQUIERDA:** detalle del frontispicio del tratado de Petrus Apianus, *Instrument Buch*.

# MATEMÁTICAS, GEOMETRÍA Y PERSPECTIVA AL NORTE DE LOS ALPES

Aunque la vida civilizada a ambos lados de los Alpes se vio afectada por profundos cambios culturales durante el Renacimiento, la forma en que lo hizo fue muy distinta en cada uno de los centros principales. Como es natural, esta divergencia se debía en gran parte a las diferencias nacionales de lengua, clima y formas existentes de la sociedad civil. En Italia, como hemos visto, hubo un resurgimiento de los valores de la Antigüedad clásica que inspiró un nuevo interés por el latín y el griego. Pero en el norte de Europa el efecto más profundo de las ideas humanistas italianas fue que sirvieron de catalizador para la reforma religiosa, que culminó en los disturbios de la Reforma Protestante, una de cuyas consecuencias fue el rechazo del latín para el discurso científico, filosófico e intelectual, y la adopción de las lenguas vernáculas. A pesar de ello, hubo un flujo de influencias radicales en ambas direcciones: la Italia renacentista adoptó rápidamente la invención de la imprenta ocurrida en Alemania, y allí donde se adoptó, esta innovación facilitó en gran manera la divulgación de nuevas ideas.

Los artistas del norte viajaron a Italia y quedaron muy impresionados por los nuevos avances. Pero de nuevo cabe mencionar que el estímulo que recibieron fue, en última instancia, más importante por su efecto catalizador sobre el arte nórdico que como influencia estilística directa. El arte del Renacimiento en el norte se caracterizó por un nuevo énfasis en la observación precisa, el realismo y el naturalismo. En general, cuando el interés por los sólidos regulares se difundió por Alemania, se insistió más en sus aspectos prácticos: cómo podían resultar útiles en el arte y cómo podrían explicar el mundo físico. Pero las implicaciones filosóficas del platonismo, el estudio de los sólidos platónicos y el impacto de la perspectiva, en todos sus aspectos, iban a tener tanta influencia aquí como la habían tenido en Italia.

En el sur de Alemania se fortaleció la relación entre los métodos de perspectiva lineal y los avances en agrimensura, cartografía y astronomía. Esto resultó más fácil gracias a las tradiciones manufactureras —especialmente en Núremberg—, que fueron capaces de producir unos instrumentos, tanto científicos como de otros tipos, de la calidad que requerían las nuevas disciplinas. La nueva industria de la imprenta y la edición, que también había prosperado en esta zona, desempeñó también un papel destacado en este dilatado movimiento. Muchas de las grandes figuras del Renacimiento nórdico, la mayoría de ellas notables debido a la extraordinaria variedad de sus logros, estuvieron implicadas de un modo u otro en estos acontecimientos.

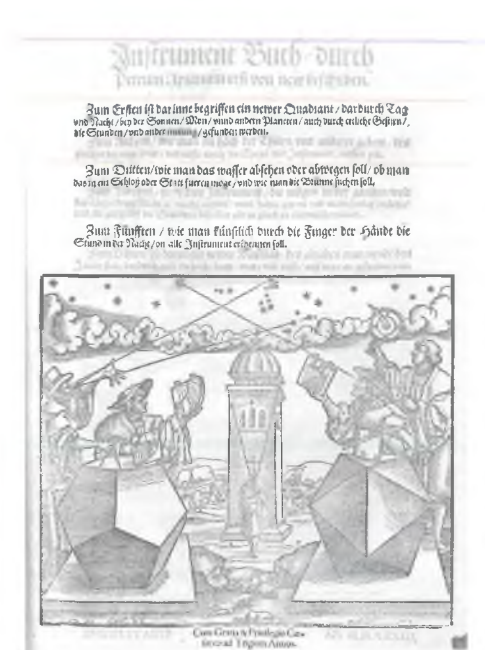



**ARRIBA:** páginas del *Tractatus primus instrumentum mechanicorum*, de Hulsius, sobre la geometría de los sólidos.

## POLÍMATAS, PERSPECTIVA Y GEOMETRÍA EN LOS ALBORES DE LA ÉPOCA MODERNA

El notable resurgimiento del interés por la geometría y los avances en perspectiva y óptica que se dieron en Italia a principios del Renacimiento tuvieron su equivalente al norte de los Alpes. Como había sido el caso en Italia, la importancia de las figuras asociadas con estos temas es indicativa de la relevancia que se les otorgaba. Fue un tiempo de extraordinarios avances intelectuales: en ciencia, tecnología, exploración geográfica y especulación astronómica. El Renacimiento nórdico tuvo su propia galaxia de individuos brillantes que hicieron importantes contribuciones en estos campos, con frecuencia cruzando las fronteras entre una disciplina y otra. Por esa época las ciudades del sur de Alemania se convirtieron en los focos de este fermento intelectual, y muchos de los eruditos más destacados, o bien nacieron en esas ciudades o decidieron vivir en ellas (por ejemplo, Núremberg, Augsburgo, Ulm o Ingolstadt).

Uno de esos eruditos fue Petrus Apianus (versión latinizada de Peter Bienewitz; 1495-1552), conocido matemático y geógrafo. Tras completar sus estudios en Leipzig y Viena se instaló en Ingolstadt, Baviera, donde fundó una imprenta en 1527. A lo largo de los veinticinco años siguientes publicó una notable serie de libros de gran calidad sobre temas como matemáticas, astronomía, geografía y cartografía, que generaron una gran demanda. Uno de sus primeros éxitos fue un libro sobre aritmética, escrito en la lengua vernácula, editado con el propósito de satisfacer las



**ARRIBA:** *Instrument Buch* de Petrus Apianus, el primer tratado impreso sobre astronomía y topografía. La página del título de esta obra lleva dos poliedros regulares que, de forma emblemática, apuntan a su seriedad científica.

necesidades prácticas de comerciantes y mercaderes. (Resulta interesante mencionar que el libro de Apianus sobre aritmética es uno de los objetos que se pueden ver sobre la mesa del famoso cuadro de Holbein *Los embajadores*).

Le siguieron otros libros, más lujosos, sobre cosmografía y astronomía: *Cosmographicus liber*, *Quadrans Apiani astronomicus*, y el magnífico *Astronomicum Caesareum*, todos ello considerados obras maestras y de los que se hicieron numerosas ediciones. Apianus también tuvo tiempo para escribir un libro sobre instrumentos, *Instrument Buch* (1553), que fue el primer tratado general sobre astronomía y topografía. La página del título del mismo resulta especialmente interesante en un contexto moderno porque muestra a unos hombres utilizando cuadrantes y otros instrumentos (algunos de ellos concebidos por el propio Apianus), pero también dos poliedros en un lugar prominente, un dodecaedro y un icosaedro. Su gran interés por los sólidos platónicos queda reflejado en el *Cosmographicus liber*, donde los representó entre una serie de encantadoras capitulares ilustradas.

Otro distinguido matemático fue Johann Neudorffer (1497-1563), nacido también en Núremberg. Al igual que Apianus, concibió y publicó tablas de aritmética comercial y fue profesor de geometría, pero su fama la debe a su habilidad como calígrafo y biógrafo. Durero encargó a Neudorffer la realización de los tipos de letras para sus paneles de *Los cuatro apóstoles*. Neudorffer fue un tipógrafo pionero; a él se le atribuye la invención del tipo *Fraktur*. Su retrato aparece en un grabado contemporáneo compartiendo mesa con Wenzel Jamnitzer, ambos geómetras e ilustres hijos de la ciudad; tienen enfrente los instrumentos de su oficio y la propia ciudad al fondo. En la parte superior flota un caduceo, símbolo del comercio y de la imprenta; en primer plano hay una esfera armilar, símbolo de la ciencia y la astronomía. Johan Neudorffer también aparece en un famoso retrato pintado por Nicolas de Neufchâtel, donde se le ve explicando las propiedades de un dodecaedro a un joven alumno.

Levinus Hulsius (1546-1606), de extraordinario talento, nació en Gante pero se trasladó a Núremberg en 1583, al parecer debido a sus creencias protestantes. Como lingüista, se hubiera podido ganar la vida enseñando idiomas, pero se decantó por la fabricación y venta de instrumentos geométricos.



**ARRIBA:** *Emblemata* de Apianus.
En su obra maestra de la astronomía *Cosmographicus liber*, figuran una variedad de figuras geométricas regulares como emblemas, formando una espléndida serie de capitulares iluminadas.

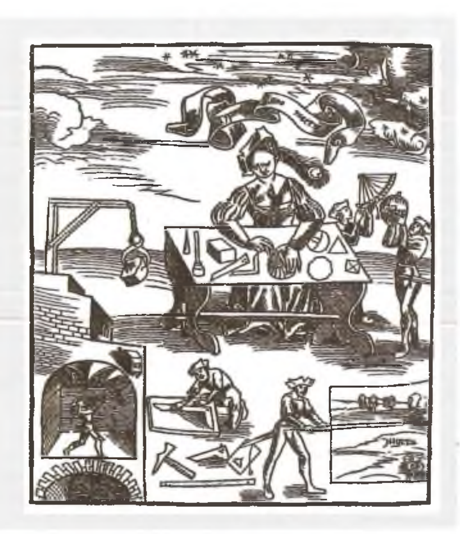


En común con algunos talentosos individuos mencionados, se aventuró en el mundo de la imprenta y la edición. En 1602 adquirió las planchas de impresión de la *Astronomiae instauratae mechanica* de Tycho Brahe y produjo una nueva edición de esa valuosa obra. También escribió varios tratados sobre la construcción de instrumentos geométricos, entre ellos el *Tractatus primus instrumentorum mechanicorum*, de 1605, que contiene un apartado sobre sólidos geométricos. Como lexicógrafo, Hulsius se encargó de recopilar y publicar varios diccionarios, entre ellos francés-alemán e italiano-alemán. Este hombre tan extraordinario también se dedicó a publicar los relatos más recientes sobre navegaciones a lugares remotos, con sus mapas correspondientes, basándose en la información obtenida de los capitanes de navio de Amberes.

**IZQUIERDA:** detalle del famoso retrato de Johann Neudorffer, de Nicolas de Neufchâtel, donde se le ve explicando las propiedades del dodecaedro a un joven alumno.

## EL «TIPO GEOMÉTRICO»

El grabado *typus geometriae* o «tipo geométrico» aparecía en la popular enciclopedia *Margarita philosophica*, publicada por Gregor Reisch en Friburgo en 1503. Panofsky, biógrafo de Durero, comenta sobre el grabado: «Geometría, representada como una dama ricamente ataviada, se ocupa de medir una esfera con su compás, sentada a una mesa donde se ven instrumentos de dibujo y modelos de cuerpos estereométricos». Sus ayudantes realizan diversas tareas que implican una destreza geométrica, incluyendo astronomía, agrimensura, construcción y mecánica. La enciclopedia, cuyo propósito era contener el conocimiento humano al completo, tuvo un amplio uso como libro de texto; se trata de la enciclopedia impresa más antigua.



## LA PERSPECTIVA VIAJA AL NORTE

Durante un tiempo los métodos de perspectiva siguieron siendo dominio exclusivo de Florencia, pero pronto pasaron a otros centros principales de Italia, y hacia principios del siglo XVI se habían convertido en una pauta generalizada de la formación artística en toda Europa. Alberto Durero entró en contacto con los conceptos y métodos de la perspectiva lineal durante su primera visita a Italia en 1494, y a su regreso a Núremberg los presentó a otros artistas. Su permanente fascinación por estos problemas (en especial el uso de los marcos de perspectiva) se manifiesta en el gran número de dibujos que hace con este artefacto. Los objetivos de Durero y de otros artistas alemanes al usar las ventanas de Alberti eran en esencia los mismos que los de los pintores renacentistas italianos. El arte de la pintura y sus practicantes se verían elevados si se sostenían sobre una base rigurosa y racional; solo de esa forma podía convertirse en un instrumento válido para el estudio de la naturaleza y, por extensión, para revelar el orden subyacente del mundo.

Los aparatos usados para lograr el grado requerido de representación realista (solían consistir en marcos cuadriculados, hilos tensados ajustables y punteros unidos a listones verticales) parecen anticuados y en exceso esquemáticos desde el punto de vista moderno, pero son un buen indicador de la determinación por vencer los engañosos hábitos del ojo humano que caracterizaron a la época.



Dos planchas de impresión de *Newe geometrische und perspektivische Inventiones* de Johann Faulhaber, que revelan su gran variedad de intereses.

**ARRIBA:** trabajando con un marco de perspectiva; hay un libro sobre figuras geométricas abierto sobre la mesa; un juego de sólidos platónicos cuelga de la pared. A través de la ventana de la izquierda podemos ver escenas relativas a los campos de la balística, agrimensura y agricultura. La ventana de la derecha muestra a un astrónomo y una esfera armilar.

**DERECHA:** un delineante demostrando un plano de una ciudad fortificada a un soldado, con ayuda de un marco de perspectiva.



# ALBERTO DURERO: ARTISTA, HUMANISTA Y GEÓMETRA

Alberto Durero (1471-1528), el artista principal y más influyente del Renacimiento nórdico, nació en Núremberg como el tercer hijo de la que se convertiría en una familia muy numerosa. Su padre era orfebre y esperaba que su hijo siguiera el mismo oficio, pero el talento artístico de Durero se hizo evidente a una edad muy temprana y pasó a ser aprendiz en el taller del pintor Michael Wolgemut a la edad de quince años. Tal fue su prodigioso talento que se convirtió en un artista consolidado y famoso teniendo poco más de veinte años.

Durero realizaría dos viajes memorables a Italia. El primero de ellos, a la edad de veintitrés años, lo llevó a Venecia. Allí, el arte que contempló y los artistas que conoció le causaron una gran impresión. A su regreso a Núremberg, rebosante de nuevas ideas sobre perspectiva y proporción, se convirtió en el principal impulsor del movimiento que otorgaba una mayor exactitud y agudeza al arte figurativo que iba a barrer el norte de Europa, como antes había sucedido en Italia.

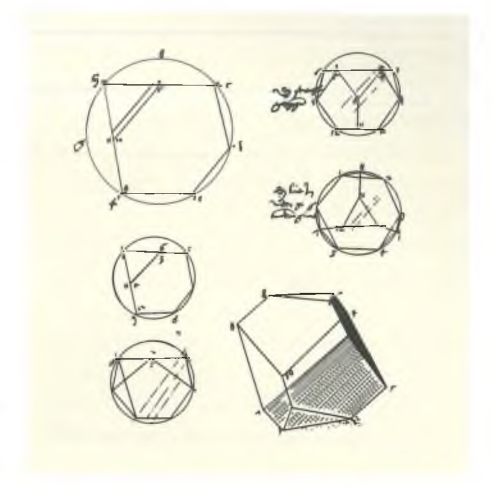


**ARRIBA:** autorretrato de Alberto Durero a los veintiocho años de edad. Pintado en 1500, tras su primera visita a Italia.

Realizó un segundo viaje a Italia entre 1505 y 1507, de nuevo a Venecia. Pero esta vez, más que en el arte, estaba más interesado en aprender matemáticas de fuentes italianas, pues con la edad Durero había desarrollado un gran entusiasmo por la geometría. En común con Leonardo, y como él influido por

Piero della Francesca y Luca Pacioli, Durero empezó a promover un enfoque concienzudo y disciplinado hacia el arte, en especial el que destacaba el papel de la geometría. De hecho, a principios de su carrera tenía previsto realizar un libro de texto que tratara todos los aspectos del arte, aunque este proyecto nunca vio la luz. Hacia el final de su vida, en 1525 y 1528, produjo dos sólidos tratados dedicados a artistas y artesanos. El primero de ellos, *Underweysung der Messung* (*Instrucciones sobre medición*, Núremberg, 1525) resulta de particular interés en nuestro contexto.

Se trata de un ambicioso libro de texto con cuatro extensos capítulos; en su mayor parte trata sobre la geometría descriptiva y contiene unas 150 ilustraciones. Escrito en alemán vernáculo, es evidente que su propósito era un uso práctico más que teórico, aunque existen frecuentes alusiones a Euclides. Empezando por la definición de punto, línea y ángulo, avanza concienzudamente hacia temas como las secciones cónicas, la construcción de polígonos y el cálculo de áreas. Continúa con la construcción de formas arquitectónicas, entre ellas columnas, torres, etc. Asimismo contiene un extenso apartado dedicado a «la forma correcta de las letras» o tipografía, posiblemente inspirado por pasajes similares de *De Divina Proportione* de Pacioli. El último capítulo trata en su totalidad sobre la construcción de sólidos regulares e irregulares, para los cuales Durero ofrece las plantillas adecuadas e instrucciones sobre cómo montar estas formas poliédricas. Los libros de Durero sobre geometría y proporción eran, en esencia, un intento por combinar los conceptos abstractos de la geometría clásica con el conocimiento geométrico tradicional que hacía tiempo se practicaba en los diferentes oficios. Su intención parece que fue situar



**ARRIBA:** bocetos de uno de los cuadernos de Durero que muestran sus ideas preliminares sobre los enigmáticos poliedros irregulares que aparecen en su famoso grabado *Melencolia I* (*véase* la pág. 121).

las artes y los oficios sobre una base más sólida y matemática, y con ello darles un carácter más noble. Como indicativo de su influencia en la época, es interesante saber que tanto Galileo como Kepler citaron a *Underweysung der Messung* en sus propias obras.

Además de resultar muy influyentes, tanto *Underweysung der Messung* como *Vier Bücher von menschlicher Proportion* (*Cuatro libros sobre la proporción humana*, Núremberg, 1528) fueron éxitos comerciales, y ambos fueron traducidos y reeditados en numerosas ocasiones. De hecho, se convirtieron en volúmenes muy solicitados, con un atractivo que iba más allá de los artistas y artesanos a quienes ostensiblemente estaban dirigidos. Durero había establecido un género literario. Tras su muerte aparecieron muchos más tratados sobre geometría y perspectiva, tanto en Alemania como en otros lugares. La mayor

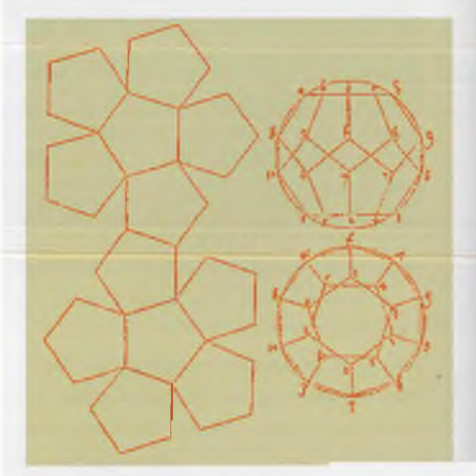
parte de ellos eran de artistas artesanos con formación en diversos oficios, prácticamente todos aludían al libro de geometría de Durero y la mayoría de ellos, de una u otra forma, contenían poliedros.

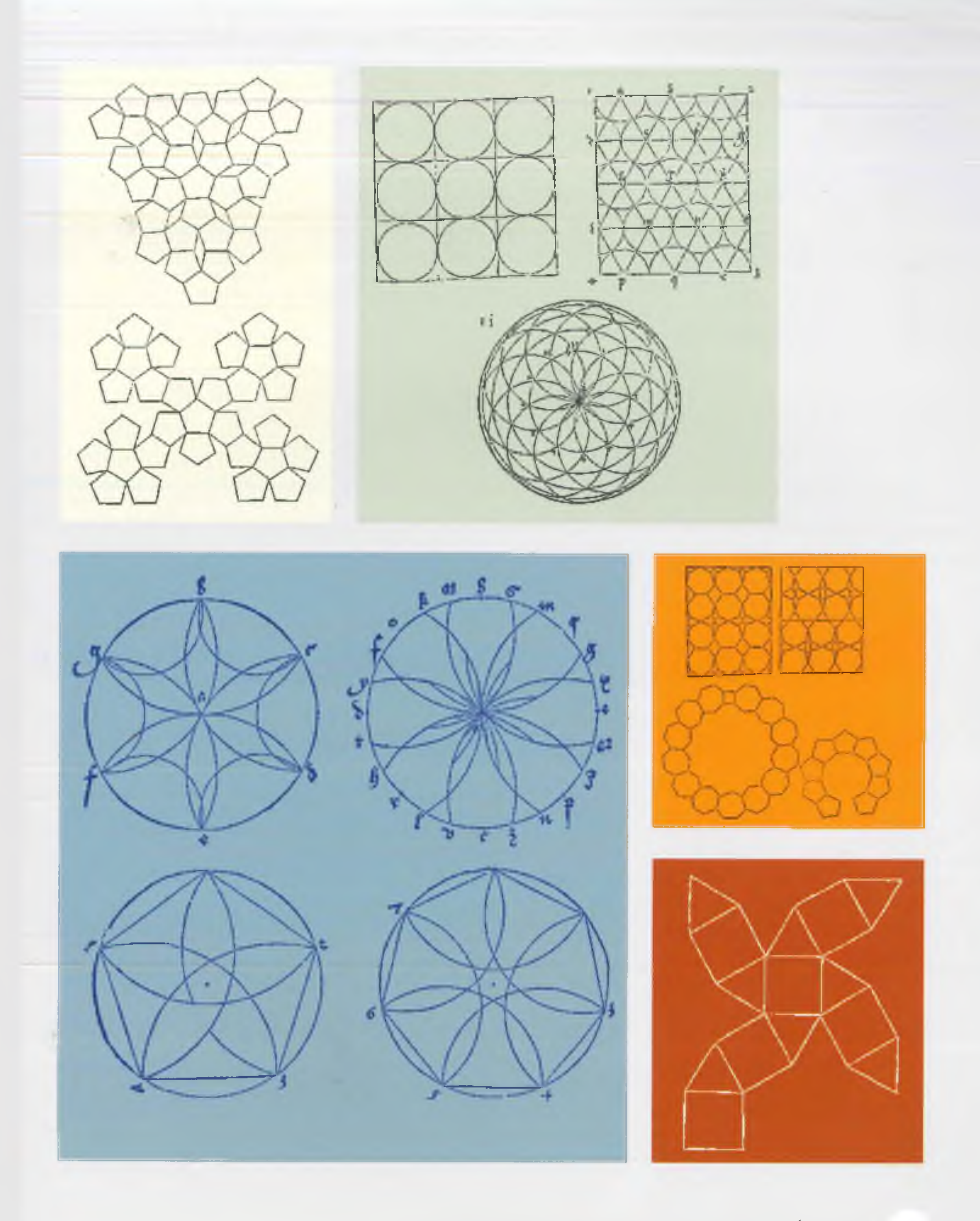
Por supuesto, la producción de estos tratados se relacionaba con el aspecto económico: había surgido una nueva clase de burguesía, con dinero para gastar en artículos tan prestigiosos como libros y grabados de calidad. Esto hizo que el nuevo medio de la imprenta permitiera a pintores, grabadores y talladores de madera ganarse la vida en un tiempo en que, como resultado de los estragos causados por la Reforma Protestante, los talleres de arte y artesanía se habían quedado sin los ingresos generados por los encargos de la Iglesia. Esos artistas artesanos se adaptaron perfectamente a las nuevas circunstancias, y resultó sorprendente el grado de sofisticación que alcanzaron las técnicas de impresión, así como las meras cantidades producidas. Por ejemplo, se dice que Erhard Schön, discípulo de Durero, imprimió más de 200 xilografías y unas 1200 ilustraciones para un total de 116 libros. Schön fue excepcionalmente versátil y prolífico, y sus ilustraciones iban desde la propaganda religiosa hasta la poesía satírica, si bien en 1538 también se dedicó a la realización de un manual para artistas sobre diseño y perspectiva. Muchos otros artistas de Núremberg adoptarían esa misma idea, y los sucesores de Durero, como veremos, aportaron una variedad de respuestas a su obra fundamental.

## DURERO Y LA GEOMETRÍA

Durero fue el artista más celebrado del Renacimiento nórdico y, al igual que Leonardo da Vinci, participó de pleno en el entusiasmo renacentista por la ciencia y las matemáticas, a las que se dedicó cada vez más en sus últimos años. En 1525, a la edad de 54 años, produjo una obra importante sobre geometría, *Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheyt (Cuatro libros sobre medición)*, que examinaba todos los aspectos de la construcción geométrica que se podían aplicar al arte y a los oficios, incluyendo los polígonos regulares y los poliedros. En la última parte del libro Durero también describe e ilustra varios mecanismos para dibujar en perspectiva *(Proportionslehre)*. Este interés por la geometría y la ciencia ya había quedado patente una década antes con su famoso grabado *Melencolia I* (*véanse* las págs. 120-121).

Panofsky, biógrafo de Durero, no estaba seguro de si el artista había tenido contacto con la obra geométrica de Piero della Francesca o la de Luca Pacioli, pero destaca que, en todo caso, la forma en que Durero estudiaba los poliedros era distinta. En *Underweysung* presenta los sólidos junto con las «redes» poligonales a partir de las cuales se forman.





## LOS MISTERIOS DE *MELENCOLIA I*

Este enigmático grabado de Durero ha generado prolongados debates. Si dejamos a un lado su aspecto estético, refleja con claridad su interés por la ciencia y las matemáticas. Muestra una variedad de instrumentos arquitectónicos y herramientas artesanales, junto con una serie de objetos alegóricos como un compás, una balanza vacía, una escalera de mano, un reloj de arena y un cuadrado mágico. La naturaleza de la figura sólida, con el tenue rastro de un cráneo —posiblemente la madre del artista—, ha generado numerosas especulaciones: se ha considerado un romboedro truncado o un cubo parcialmente truncado, pero en realidad no es ninguno de los dos.

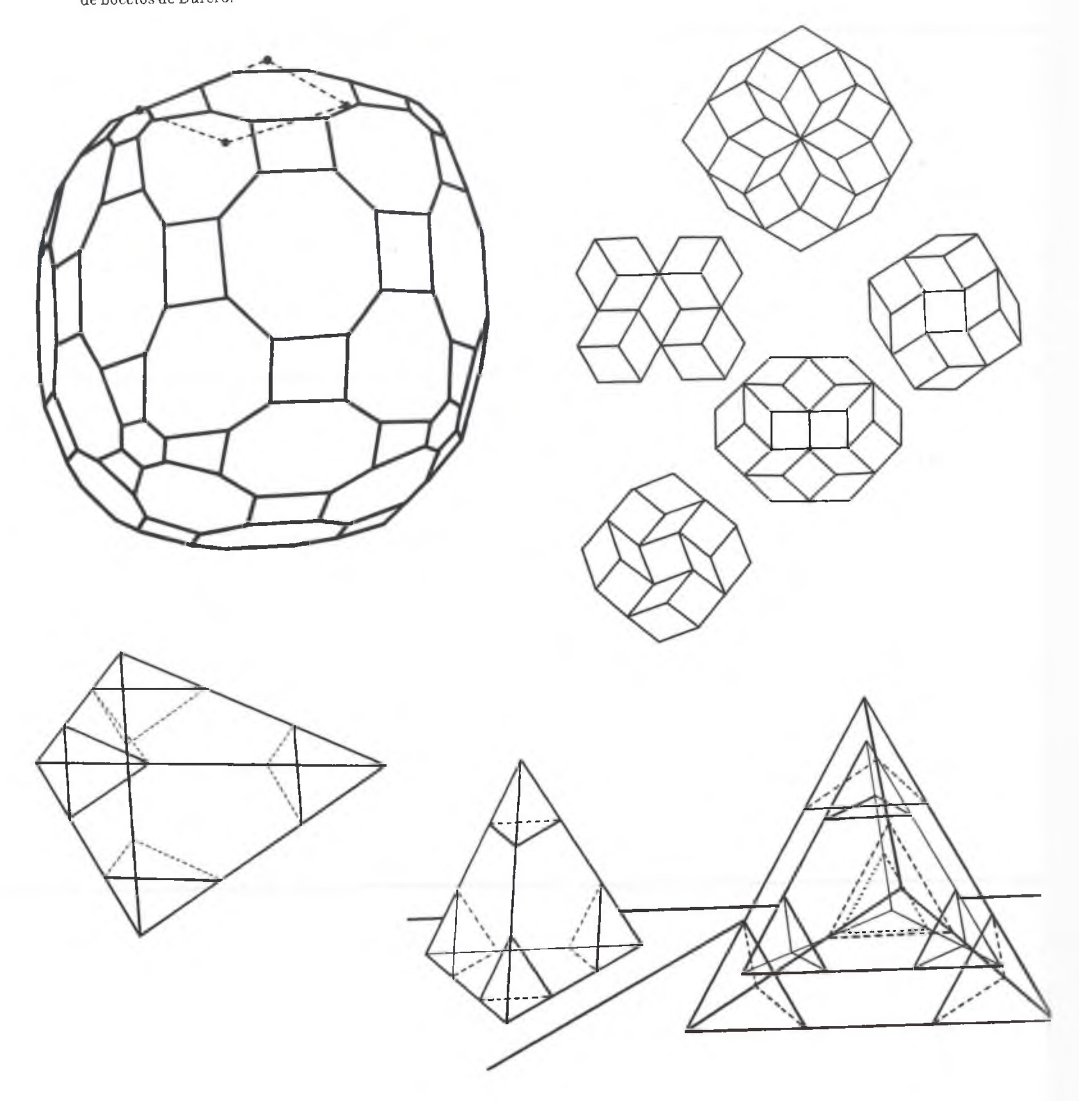
Con los años han surgido muchas conjeturas sobre el significado del grabado, todas ellas realizadas por eruditos muy bien conceptuados. Nunca hubo acuerdo entre todas las interpretaciones y ninguna de ellas resultó del todo convincente, pero en 2004, quinientos años después de su realización, el historiador de arte británico Patrick Doorly publicó una explicación completa y perfectamente plausible sobre las fuentes de inspiración y el propósito de Durero para *Melencolia I*. Lo que Doorly sostiene se basa en el texto de uno de los diálogos de Platón, *Hipias mayor*, donde Sócrates, el personaje principal, se pregunta repetidas veces: «¿Qué es lo bello?». Los numerosos objetos distribuidos alrededor de la figura central representan las soluciones a esa cuestión, que el interlocutor de Sócrates, el sofista Hipias, va descartando a regañadientes. Es razonable suponer que Durero conocía este diálogo; se sabe que su gran amigo y colaborador Willibald Pirckheimer poseía las *Obras completas* de Platón. Pero existe un filón adicional de inspiración para el grabado de Durero, que no es otro que *De Divina Proportione* de Luca Pacioli. Todos los objetos que aparecen en *Melencolia I* están presentes en su obra, con la que Durero sin duda se familiarizó durante su estancia en Venecia y cuyo texto sigue de forma literal.

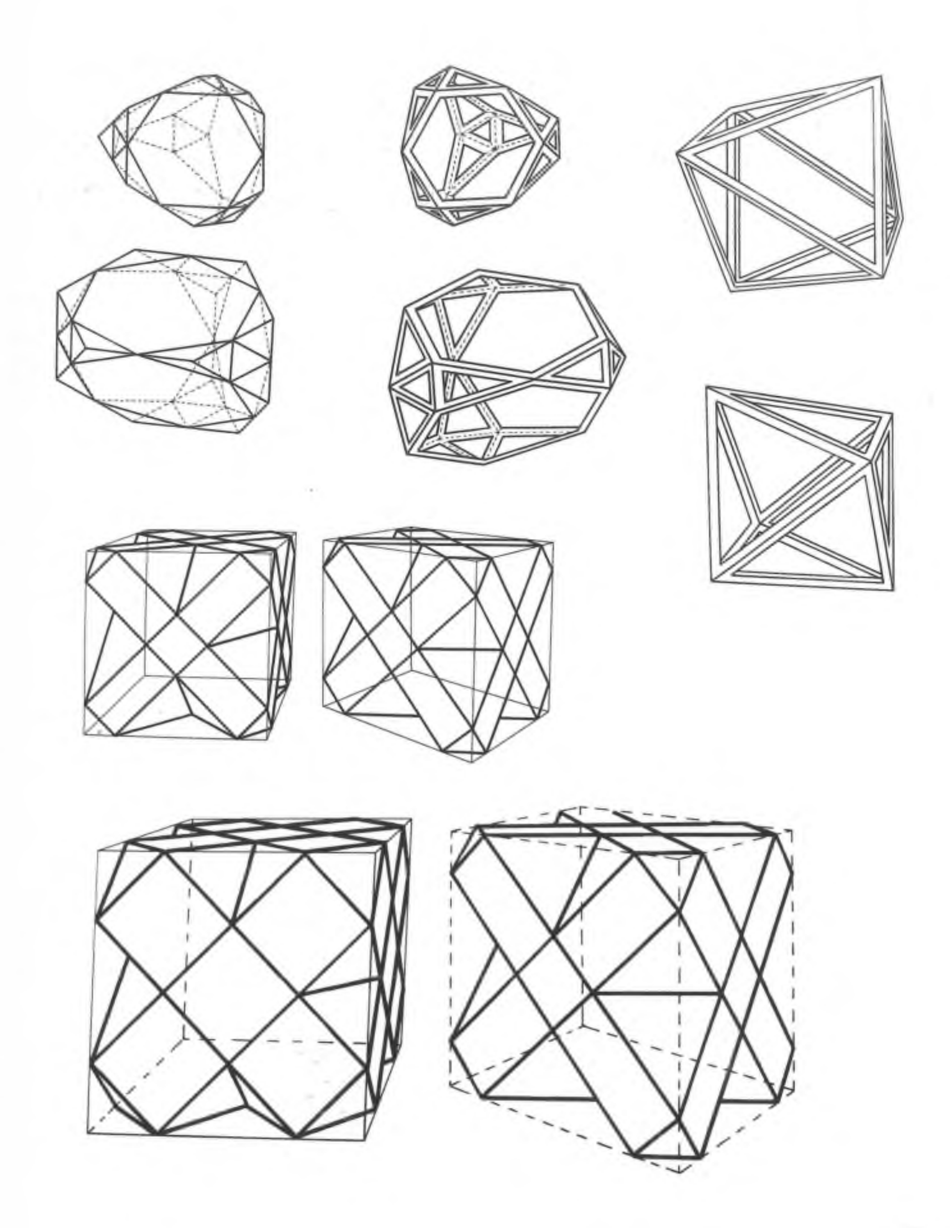
Con la realización de este magistral grabado, Durero convirtió la explicación platónica y el elogio de las matemáticas de Pacioli en una obra de arte misteriosa y lúdica. En el propio *Hipias mayor* la respuesta a la pregunta de Sócrates sobre la naturaleza de «lo bello» queda sin respuesta; la cuestión es demasiado profunda, incluso para Platón. Durero decidió expresar este carácter no concluyente con la figura malhumorada de Melancolía, que pertenece a la tradición de la personificación de Geometría como figura femenina (*véase* la pág. 103).

**DERECHA:** *Melencolia I*, el famoso grabado de Durero. La obra está casi sobrecargada con una serie de imágenes simbólicas que han intrigado a los historiadores del arte durante largo tiempo y que han dado paso a diferentes interpretaciones. Hace poco se propuso una solución (*véase* el texto anterior) que relaciona el grabado con el diálogo platónico de *Hipias mayor*. No obstante, Durero poseía la suficiente astucia comercial como para darse cuenta de que esta obra hermética tendría un atractivo especial para potenciales compradores. El significado del poliedro irregular, con el fino rastro de un cráneo (posible mente de la madre del artista), ha generado por sí solo bastante especulación, igual que el cuadrado «supermágico», que contiene más líneas que el cuadrado mágico normal de 4 x 4 y que consigue mostrar el año de la realización del grabado, 1514, en las casillas centrales de la hilera inferior.


MELENCOLIA I
16 3 2 13
5 10 11 8
9 6 7 12
4 15 14 1

**ABAJO:** dibujos geométricos de los libros de bocetos de Durero.





# LOS PATRONES DE NUDOS DE DURERO Y LEONARDO

En el mundo del arte existe curiosidad por saber si Durero llegó a conocer personalmente a Leonardo da Vinci mientras ambos vivían en Venecia en 1494-1495. A pesar de ello, se relaciona a ambos artistas con un repertorio de grabados de complejos diseños de «nudos», seis en cada serie. Estas obras están teñidas de ambigüedades, entre otras razones por el hecho de que las de Durero son copias exactas de las de Leonardo. Tampoco queda claro el grado de implicación de Leonardo en el proyecto. La explicación más probable es que Durero se cruzó con los diseños atribuidos al «taller de Leonardo», tal vez incluso antes de su segunda visita a Venecia en 1505, y se sintió inspirado para editar sus propios dibujos al volver a Núremberg. Se ha sugerido que esos diseños tenían una aplicación comercial, como patrones de bordados, o para la encuadernación en cuero, pero esto no deja de ser más que una conjetura.



**ARRIBA:** xilografía de Alberto Durero de un complejo patrón de nudos, de una serie de seis basados en diseños producidos en el taller de Leonardo.

Los historiadores del arte han tratado con indiferencia estos diseños porque entran en la categoría de «arte aplicada», pero es evidente por su elaborada composición que ambos artistas y/o sus colaboradores se tomaron muy en serio la realización de estas piezas. En realidad, son obras maestras del complejo diseño de nudos. La fuente de inspiración inmediata probablemente fueran los intrincados dibujos islámicos que se encontraban en cerámicas y manuscritos importados de Oriente Medio, en especial los de Egipto y Siria, con los que Venecia mantenía contactos comerciales desde hacía mucho tiempo.

Basándonos en los numerosos pequeños bocetos de sus cuadernos y en los complejos detalles de los bordados de sus cuadros, sabemos que a Leonardo le intrigaban los motivos entrelazados. A él se le atribuye también el fresco de la Sala delle Asse, en el castillo

de su patrón Francesco Sforza, obra muy compleja que representa árboles entrelazados. Pero, a diferencia de Durero, Leonardo no parecía estar interesado en la impresión, así que sus diseños de nudos y las planchas de madera usadas podrían haber sido completados por un miembro de su taller, cuyo nombre los engalana. El «Vinci» de la parte central de estos patrones de nudos podría ser como un guiño y referirse tanto al lugar de nacimiento del artista como a la palabra latina para «atar o encadenar». Como comentario al margen, y más si tenemos en cuenta que Leonardo tocaba el laúd, resulta interesante que uno de los diseños más comunes de la época para el calado de la roseta del instrumento fuera el «nudo de Leonardo».

La exacta implicación de Durero y por qué decidió copiarlos se desconoce, pero no se puede ignorar su aspecto comercial. Resultaría presuntuoso hablar de piratería entre dos maestros del Renacimiento, pero el hecho de que Durero eliminara todos los emblemas que hacían referencia a Leonardo y a su «academia» y que los sustituyera en algunos casos por su propio y conocido monograma es sospechoso. De todos modos es cierto que su interés por la geometría, por derecho propio y aplicado al arte, era tan profundo como el de Leonardo. Sus versiones, si cabe, son más precisas que los originales. Suponen una fascinante aplicación de la geometría al arte, y resulta claro que ambos artistas la consideraron merecedora de su atención.

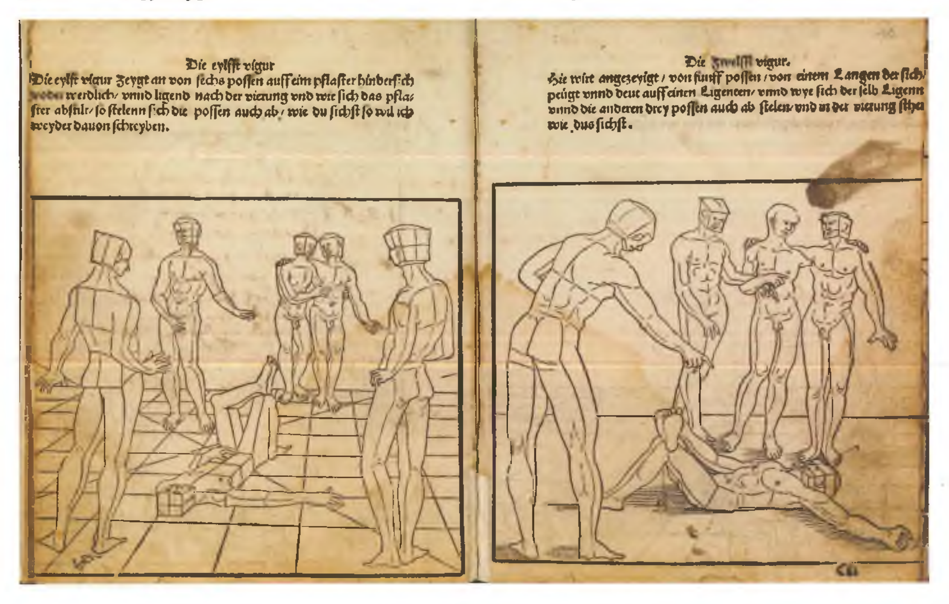


**ARRIBA:** los cuadernos de Leonardo contienen numerosos ejemplos de su prolongada fascinación por los complejos patrones de nudos.

# LAS FORMAS GEOMÉTRICAS DE LA FIGURA HUMANA

En sus *Vier Bücher von menschlicher Proportion (Cuatro libros sobre la proporción humana)*, Durero realiza un exhaustivo estudio de la forma humana y sus proporciones relativas, y sus libros de bocetos reflejan su prolongado interés por la aplicación de una simplificación geométrica como método de dibujo preparatorio. Varios de sus seguidores adoptaron estas técnicas; destaca Erhard Schön, que fue su alumno y del que se sabe vivió en casa de Durero durante varios años. Schön (1491-1542) se convirtió en un prolífico diseñador de planchas xilográficas y produjo una serie continuada de grabados religiosos y satíricos para el mercado de gran consumo (a menudo intencionalmente provocativos).

Por otra parte, Schön presentó sus propias ideas sobre la teoría del arte en el volumen titulado *Unterweissung der Proportion* (Núremberg, 1538). Tanto su mecanismo como el de Durero para reducir figuras complejas a formas geométricas más manejables —algo especialmente útil para mostrar la



perspectiva— se convirtió en una técnica de dibujo estándar. Sin embargo, las imágenes protocubistas de Schön poseen un extraño atractivo, con cierto toque surrealista. El artista italiano Luca Cambiaso fue otro de los que emplearon esta técnica de simplificación geométrica como método preparatorio para crear sus composiciones. Conocido como «concentración», ese procedimiento tuvo una amplia aceptación; de hecho, se sigue enseñando como técnica de dibujo, como esbozo transitorio para darle un peso visual a una composición.

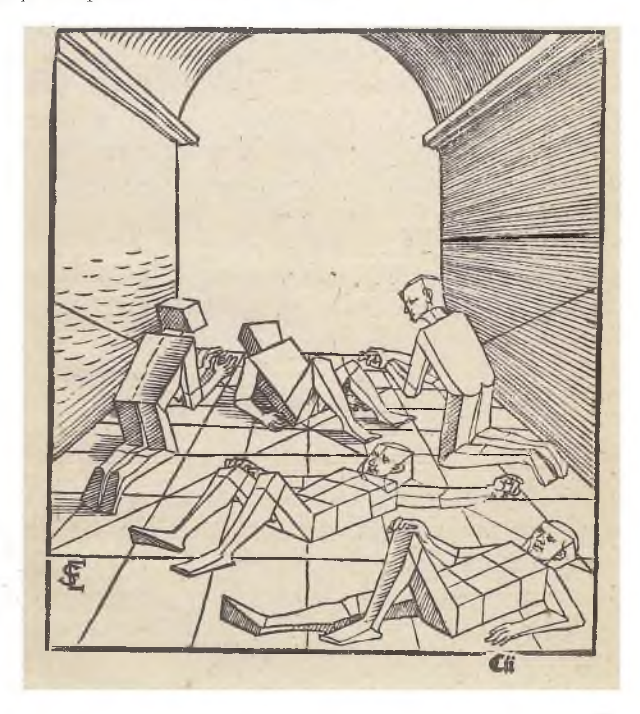
*

«La longitud total y eje general de un cuerpo en pie viene determinada por una vertical principal que va del talón de la pierna vertical hasta la parte superior de la cabeza, y continúa por la boca del estómago. La pelvis está inscrita en un trapezoide y el tórax en un cuadrado (en algunas figuras femeninas, en un rectángulo vertical), y los ejes de los mismos, que se cruzan en la boca del estómago, están ligeramente inclinados respecto a la vertical principal. La rodilla de la pierna vertical y, por tanto, la longitud de ambos muslos, se encuentra bisecando la línea que conecta el punto de la cadera con el punto terminal inferior de la vertical principal. La cabeza, si está de perfil, se halla inscrita en un cuadrado, y el contorno de hombros, caderas y lomo está determinado por arcos circulares».

(Cita de la biografía clásica *Vida y arte de Alberto Durero*, de Erwin Panofsky, 1943).

**IZQUIERDA:** páginas de *Unterweissung der Proportion* de Erhard Schon, 1538, que muestran la forma geométrica de la figura humana.

**DERECHA:** *Cinco figuras en un edificio*, xilografía de Erhard Schön de su libro *Unterweissung der Proportion*, 1538.

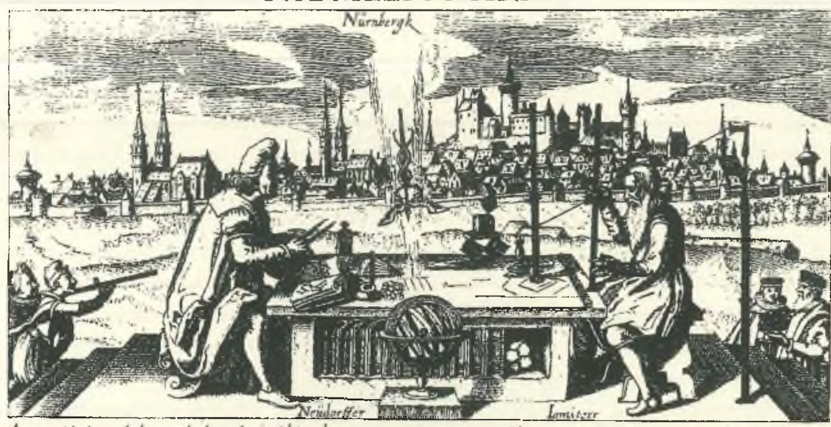


# NÚREMBERG: PRIMER CENTRO MODERNO DE INICIATIVAS Y CULTURA

Los recursos naturales y la ubicación son factores determinantes para cualquier ciudad o región. En el último período medieval, Núremberg no estaba especialmente bien dotada de recursos, pero sí situada en el cruce de varias rutas comerciales. Estos hechos marcaron su carácter desde un buen principio, y tanto su existencia como su posterior prosperidad se deben a la iniciativa que demostró. A finales del Medioevo surgieron toda una serie de nuevos oficios e industrias en lo que ahora era una ciudad imperial libre, que en los albores de la Era Moderna fue la primera en toda Europa en producir artículos de metal como alambre, utensilios domésticos, armas y armaduras. Así pues, se hallaba a la vanguardia de una temprana fase de la Revolución Industrial. La demanda de los productos de Núremberg condujo a una sensación de confianza económica, y la ciudad se convirtió en un centro manufacturero dinámico e innovador, con fuertes vínculos con otras destacadas ciudades europeas, en especial Venecia, un importante socio comercial.

Era inevitable que Núremberg, con su creciente capacidad para adoptar nuevas tecnologías, se implicara en la nueva invención de la imprenta. En 1470 Anton Koberger, un patricio de Núremberg, abrió una imprenta que rápidamente se convirtió en la de mayor éxito de Alemania. Otras la siguieron, y Núremberg pronto fue un centro principal de la impresión y producción de libros. También tenía fama por sus productos de lujo y «alta tecnología», entre ellos instrumental científico, y por esta razón Regiomontano (*véase* el recuadro de la pág. 131) y otras destacadas figuras optaron por realizar allí sus investigaciones científicas. Alberto Durero fue el hijo más famoso de Núremberg y pasó gran parte de su vida creativa en la ciudad, pero esta también se la relaciona con otras figuras importantes. Por ejemplo, Martin Behaim, creador del primer globo terráqueo (1492), nació y trabajó en Núremberg, igual que Peter Henlein, que fabricó el primer reloj de bolsillo del mundo (1504). Y también es indicativo del espíritu del tiempo y del lugar que el texto que acabó con la cosmovisión medieval, la iconoclástica obra de Nicolás Copérnico *De revolutionibus orbium coelestium* (donde proponía un modelo heliocéntrico del universo), se publicara aquí en 1543.

Núremberg fue uno de los principales centros alemanes del humanismo, el movimiento intelectual asociado con el resurgimiento del conocimiento clásico, y en el flanco religioso desempeñó un papel prominente en la Reforma Protestante, que fue aceptada por la ciudad en el año 1525. En el campo de las artes Núremberg también tuvo un papel destacado como centro del movimiento conocido como manierismo alemán.




**ARRIBA:** este grabado muestra a Wenzel Jamnitzer y al matemático Johann Neudorffer sentados a una mesa con la ciudad de Núremberg al fondo. Ambos son ciudadanos prominentes y, cada uno a su manera, trabajan con figuras geométricas. En el caso de Neudorffer, como erudito clásico, el énfasis reside en los aspectos académicos de su estudio, mientras que Jamnitzer, el práctico maestro artesano, usa su invento del perspectógrafo para examinar las posibilidades artísticas de la geometría.

## NÚREMBERG, LA PESTE Y LA GUERRA

Por desgracia, la vitalidad y las múltiples inquietudes de Núremberg como centro comercial, de innovación y foco de ideas religiosas, filosóficas y artísticas causaron su desaparición. Su ubicación geográfica como centro por donde pasaban constantemente mercaderes y visitantes significó que también estaba expuesta a otras visitas menos deseables.

Cada pocos años, entre mediados y finales del siglo XVI, surgieron brotes de peste que representaron la muerte para millares de sus ciudadanos; dos de los artistas que se mencionan en el presente libro, Jamnitzer y Lencker, fueron víctimas de esta enfermedad durante el brote de 1585. La peste persistió en toda Alemania durante el siglo XVI y Núremberg sufrió brotes en 1405, 1435, 1437, 1482, 1494, 1520, 1534, 1552, 1556, 1562 y 1563 (la cercana Augsburgo se vio aún más afectada y sufrió más de veinte brotes a lo largo del siglo XVI).

Estos devastadores acontecimientos empeoraron debido a los estragos sociales causados por las intensas luchas religiosas. Núremberg estuvo totalmente implicada en la Guerra de los Treinta Años (1618-1648), que tuvo un efecto especialmente devastador para la ciudad ya que a continuación entró en un declive del que solo se recuperó del todo en el siglo XIX.

# IMPRESIÓN Y EDICIÓN EN EL RENACIMIENTO

Desde su invención en Alemania a mediados del siglo XV, la imprenta y el negocio de la publicación se expandieron a un ritmo vertiginoso. Los cálculos varían, pero las estadísticas son notables. En solo cincuenta años, hacia 1500, en las capitales europeas existían unas mil imprentas que habían producido unas 40 000 ediciones y hasta 20 millones de libros. La capacidad de esta nueva tecnología de crear centenares, incluso miles, de textos idénticos supuso un estímulo sin precedentes para la vida intelectual, que había facilitado en gran manera el estudio y el debate. Los textos ya no eran un medio exclusivo para uso de eruditos y dirigidos a otros eruditos, sino que eran accesibles para todo aquel que supiera leer y que tuviera los recursos para costearlos. Los libros, los panfletos y los grabados pronto se convirtieron en artículos familiares y, en algunos casos, sumamente coleccionables. La impresión se convirtió en una nueva profesión y la imprenta, en un nuevo centro de intercambio intelectual.




**ARRIBA:** los libros y sus ilustraciones pronto cubrieron todos los temas imaginables.

La variedad de temas cubiertos en estos primeros años de la imprenta resulta igualmente sorprendente. Las primeras publicaciones trataron básicamente de temas religiosos; la *Biblia* de Gutenberg es una de las primeras producciones del género, pero muy pronto existieron libros sobre cualquier tema imaginable. Había mapas y libros de viaje, textos científicos y manuales médicos, tratados sobre el arte de la guerra y la fortificación, libros sobre la naturaleza y de recetas de cocina. Pronto aparecieron los almanaques y las partituras musicales, así como publicaciones de pornografía. Los libros resultaron ser muy populares, especialmente entre las nuevas clases mercantiles adineradas, y podían resultar provechosos para los empresarios que los producían. Ciudades como Núremberg, Venecia y Amberes se convirtieron en destacados centros de producción. Pero el nuevo medio tenía un lado negativo: ambos bandos del cisma entre católicos y protestantes usaron el material impreso para promocionar su causa, que a veces desembocaba en propaganda sensacionalista y violenta. A pesar de ello, el derecho a la libre impresión, sin tener que someterla a las autoridades estatales ni eclesiásticas, ejerció en general

una influencia liberadora y condujo a una divulgación de ideas sin precedentes hasta entonces.

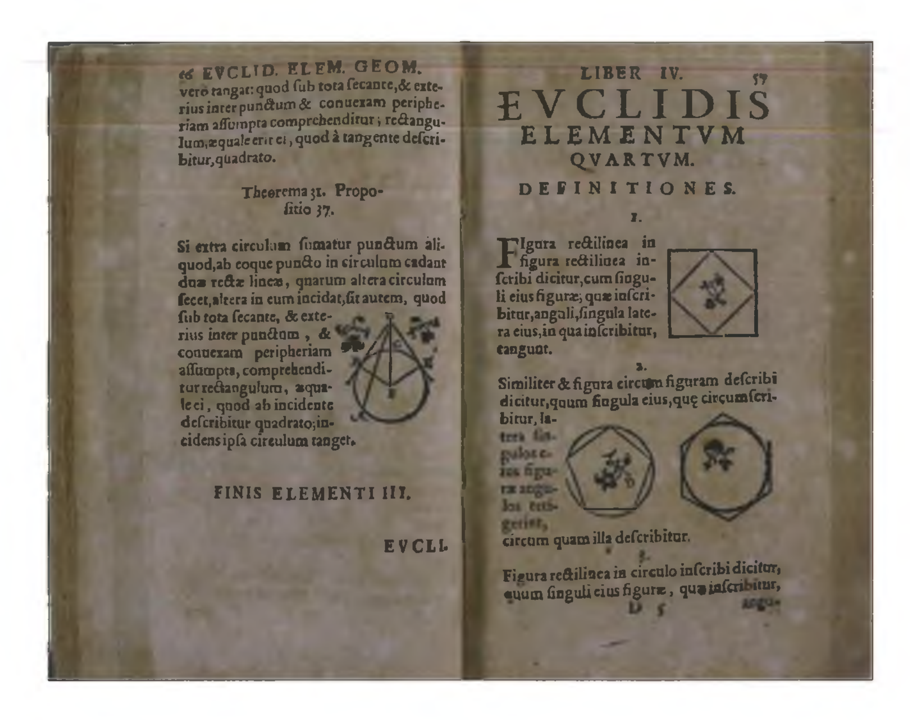
Eran los patrocinadores particulares quienes solían financiar las imprentas, a menudo pensando en los beneficios, pero cualquiera que tuviera los medios, o la causa, podía establecer su imprenta. Regiomontano fundó una en Núremberg en 1471 para publicar sus propias ideas científicas y las de otros, convirtiéndose así en el primer editor científico; este fue un noble precedente. Tycho Brahe publicó sus propias obras, igual que Johannes Kepler, y el conflicto de Galileo con la Iglesia se precipitó por la publicación de sus polémicos descubrimientos científicos. Kepler comentó que «el número de autores cuyos escritos se editan es ahora más grande que el número de todos los autores del último milenio». Y debido a que estos autores renacentistas tenían la osadía de poner en duda y contradecir las creencias antiguas, la imprenta se convirtió en una poderosa influencia liberadora y democratizadora. Otras importantes innovaciones compitieron con la imprenta por ser las que abrieron las puertas de la Era Moderna, como la pólvora y los avances en el instrumental de navegación, pero la revolución impresa y el medio de comunicación que supuso contribuyeron a cambiar la conciencia humana.

## *REVOLUTIONIBUS* DE COPÉRNICO

En 1543 se le ofreció al editor de Núremberg Johannes Petreius un tratado astronómico, oscuro y muy técnico, escrito por el ayudante de un erudito polaco poco conocido. Decidió publicarlo. El libro resultó ser uno de los textos más radicales e influyentes no solo de su tiempo, sino también hasta nuestros días. Es notoria la lentitud con que *De revolutionibus orbium coelestium (Sobre las revoluciones de las esferas celestiales)* se fue aceptando, pero este libro de 200 páginas, con una tirada inicial de solo 400 ejemplares, logró causar uno de los cambios más profundos en el pensamiento humano de toda la historia. Copérnico había escrito un borrador del libro muchos años antes, explicando la revisión que él proponía del sistema planetario geocéntrico de Ptolomeo, largamente aceptado. Pero como sabía el furor que podía causar su teoría, decidió hacer circular esta tesis inicial solo entre unos cuantos buenos amigos académicos. En sus últimos años, un joven matemático llamado Georg Joachim Rheticus instó a un Copérnico enfermo que publicara su obra, y finalmente accedió a ello poco antes de morir. No se sabe si Copérnico llegó a ver un ejemplar impreso de su modelo alternativo del universo, pero su preocupación por la reacción que pudiera provocar resultó estar bien fundada. Su obra cuestionaba la autoridad religiosa establecida, la tradición filosófica aceptada e incluso la experiencia común, pero poseía una sólida base científica y el nuevo medio de la imprenta garantizó que fuera ampliamente distribuida y leída, a pesar de la oposición de algunas opiniones hondamente arraigadas. Creó una revolución de lenta combustión, y el lugar que ocupaba el hombre en el esquema de las cosas cambió para siempre.



**ARRIBA:** Nicolás Copérnico, el tímido astrónomo que marcaría toda una época.


66 EVCLID. ELEM. GEOM.

vero tangat: quod ſub tota ſecante, & exterius inter punctum & conuexam peripheriam aſſumpta comprehenditur; rectangulum, æquale erit ei, quod à tangente deſcribitur, quadrato.

Theorema 31. Propoſitio 37.

Si extra circulum ſumatur punctum aliquod, ab eoque puncto in circulum cadant duæ rectæ lineæ, quarum altera circulum ſecet, altera in eum incidat, ſit autem, quod ſub tota ſecante, & exterius inter punctum, & conuexam peripheriam aſſumpta, comprehenditur rectangulum, æquale ei, quod ab incidente deſcribitur quadrato; incidens ipſa circulum tanget.

FINIS ELEMENTI III.

EVCLI.

LIBER IV. 57

EVCLIDIS
ELEMENTVM
QVARTVM.

DEFINITIONES.

1.

Figura rectilinea in figura rectilinea inſcribi dicitur, cum ſinguli eius figuræ, quæ inſcribitur, anguli, ſingula latera eius, in qua inſcribitur, tangunt.

2.

Similiter & figura circum figuram deſcribi dicitur, quum ſingula eius, quę circumſcribitur, latera ſingulos eius figuræ angulos tetigerint, circum quam illa deſcribitur.

3.

Figura rectilinea in circulo inſcribi dicitur, quum ſinguli eius figuræ, quæ inſcribitur, angu-

D 5

La *Biblia* de Gutenberg no fue el primer libro que se editó, pero sus logros técnicos sentaron las bases del proceso de producción e, igualmente importante, dejaron muy alto el listón estético para la palabra escrita. Pronto le siguió la producción de otras obras clásicas; desde el punto de vista educativo, los *Elementos* de Euclides se cuenta entre las más significativas. Este volumen se publicó primero en latín en Venecia, en el año 1482 (*véase* la pág. sig.). Durante el siglo siguiente se tradujo y publicó en una serie de lenguas vernáculas europeas: en italiano en 1543, alemán en 1558, francés en 1565 e inglés en 1570. Esta obra maestra de las matemáticas, escrita en Alejandría, al norte de África, sobre el año 300 a. C. y que casi había llegado a desaparecer en Occidente, pronto gozó de una circulación que hubiera resultado totalmente inimaginable en el Antiguo Mundo.

**ARRIBA:** la disponibilidad de papel de gran calidad sobre la década de 1400 abrió las puertas a la revolución impresa, que empezó con el uso de una imprenta —adaptada de la prensa para uvas—, de las planchas xilográficas y de las tintas con base en agua. En la década de 1450, el emprendedor Johannes Gutenberg dio el siguiente gran paso con sus novedosos métodos de tipos de letra reutilizables y tintas con base en aceite. Estas innovaciones arraigaron muy rápidamente y en la década de 1460 se extendieron desde Maguncia hasta Núremberg, y más o menos por la misma época también por Italia.

Los calendarios y los almanaques fueron unos de los tempranos materiales impresos más útiles y populares. El *Calendarium* de Ratdolt, que ofrecía información exacta sobre las fases de la Luna y las posiciones planetarias basadas en los cálculos de Regiomontano, fue muy superior a producciones anteriores.

# LA VERSIÓN DE RATDOLT DE LOS *ELEMENTOS* DE EUCLIDES

La publicación de los *Elementos* de Euclides en Venecia en el año 1482 constituye una de las cotas más significativas en el avance del conocimiento matemático y en toda la historia de la producción de libros impresos. *Elementorum geometricum*, para darle su título completo en latín, fue la obra magna del maestro impresor Erhard Ratdolt. Este, hijo de un escultor de Augsburgo, se trasladó a Venecia motivado por las oportunidades que esta ciudad ofrecía en el creciente nuevo campo de la edición de calidad. El comercio editorial en la Venecia de finales del siglo XV estaba dominado por los alemanes, que poseían unas treinta imprentas en la ciudad. Pero las producciones de Ratdolt serían excepcionales y no menos importantes por su decoración tipográfica, que prácticamente inventó él. Produjo un *Calendarium* para Regiomontano en 1482, el primer libro con página de título, y su *Elementorum* fue el primer libro impreso con ilustraciones de figuras matemáticas, unas seiscientas, para las cuales concibió un nuevo método de fabricación de planchas usando alambre y yeso. Ratdolt también diseñó tipos e imprimió con pan de oro; fue un artesano ingenioso y original.



**DERECHA:** páginas de la versión impresa de Erhard Ratdolt de los *Elementos* de Euclides, para la cual concibió diversas innovaciones, entre ellas un nuevo método para imprimir diagramas.

*Elementorum* había sido adaptado de una traducción medieval, bien de Campanus bien de Adelardo de Bath; ambos habían viajado al mundo islámico para adquirir versiones en árabe y traducirlas. La bella publicación de Ratdolt, solo veintisiete años después de que Gutenberg construyera su primera imprenta, logró un éxito inmediato y ejerció una gran influencia. También destacó al presentar la noción de la geometría teórica ante el receptivo medio cultural del temprano Renacimiento. Durero, que visitó y vivió en Venecia, es una de las figuras que quedaron profundamente impresionadas por la atractiva producción de este libro. Hasta 1543 no apareció una traducción al italiano, y la alemana se hizo esperar hasta 1558. No resulta sorprendente que la versión de Ratdolt de la obra de Euclides se convirtiera en modelo para el subsiguiente diseño de libros matemáticos.



NOVICIIS ADOLESCENTIBVS: AD ASTRONOMI

CAPITVLVM PRIMVM.

**IZQUIERDA:** páginas de *De sphaera mundi*.

## *DE SPHAERA MUNDI*

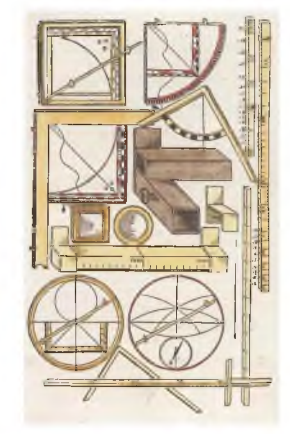
Ratdolt se interesó tanto por la astronomía como por las matemáticas, y está claro que se impuso la misión de emplear el nuevo método de la imprenta para transmitir conocimientos sobre estos temas. Además de producir un *Calendarium* para Regiomontano, publicó este tratado sobre la esfera del astrónomo inglés del siglo XIII Sacrobosco (John Holybush). Al igual que sus otros libros, *De sphaera mundi* está bellamente ilustrado con una decorativa página de título y unas capitulares ornamentales grabadas en madera. Este fue también el primer libro que se imprimió con páginas tricolores.

Sacrobosco es un erudito medieval poco conocido; la *De sphaera*, de 1230, es en esencia una disertación sobre el sistema planetario ptolemaico (probablemente basado en la traducción del árabe de Gerardo de Cremona). También es notable por haber escrito una popular introducción al sistema numérico indoarábigo. Ambas obras fueron lectura recomendada durante los cuatro siglos siguientes.

# TRATADOS SOBRE GEOMETRÍA EN LA ALEMANIA DE LA DÉCADA DE 1500

El éxito de *Manuales de instrucción para artistas* de Durero, del que pronto se hicieron varias ediciones, animó a otros a seguir su ejemplo y producir obras similares. Los dos libros de Durero marcaron la pauta y el tema de este nuevo género, y aunque muchos de los que siguieron tienen su propio interés, ninguno es tan ambicioso ni completo, en un sentido estrictamente didáctico, como el original. Los libros de Durero incluyen secciones sobre geometría del plano, poliedros, los cánones de proporcionalidad del cuerpo humano, formas arquitectónicas, tipografía y, por supuesto, los principios de la perspectiva. Sus sucesores tendían a seleccionar uno o dos de estos temas, y existen grandes diferencias en el modo en que los trataban. Aunque todos se presentan como manuales educativos, y muchos de ellos incluyen textos sobre geometría básica, hay una gran variedad de enfoques, y el objetivo de algunos de los más interesantes parece ser el de usar el formato para demostrar sus propias habilidades e imaginación.

Como comentamos en las notas introductorias del presente libro, poco se sabe de esos artistas y autores posteriores a Durero. Muchos de ellos, igual que el propio maestro, parecen haber nacido en Núremberg, o al menos vivieron allí, y la mayoría tenía experiencia en la práctica de algún oficio. Jamnitzer, Lautensack y Lencker eran orfebres, igual que el padre de Durero; Hirschvogel había sido pintor de vidrio y Stoer, maestro carpintero. Todos sus libros tienden a centrarse en los aspectos geométricos del arte, donde intentan combinar el uso más antiguo y artesano de la geometría con otro tipo más académico y teórico, incluyendo teorías sobre perspectiva; todos ellos escribieron en el alemán vernáculo.



**IZQUIERDA:** «Instrumentos de medir» en la obra *Architectura* (1543) de Walther Hermann Ryff.

El trasfondo de todas estas producciones fue la popularidad y el éxito comercial de los que los libros y grabados en general gozaban por esa época. Las presiones de la competencia en este próspero

mercado habían llevado a mejorar la calidad de la producción, y las ilustraciones en particular alcanzaron niveles muy altos de exactitud y claridad. La revolución de la imprenta estaba causando un impacto muy profundo en el propio arte, y muchos artistas alcanzaron fama internacional gracias al medio del aguafuerte y la xilografía. Durero estaba a la cabeza de esta elevación de la impresión a una forma de arte. En la cuarentena decidió centrarse en los grabados y realizó la maravillosa serie que dio fama tanto a las técnicas como a su autor, y de paso se enriqueció con el proceso. El gran interés de Durero por el papel de la geometría en ofrecer una base científica y teórica a las artes liberales también tuvo una gran influencia.

En gran parte como resultado de esta influencia, surgió cierta moda por la geometría en la Alemania de principios del siglo XVI, que concordaba con el nuevo estilo racionalista del Renacimiento. De hecho, el concepto de medir adecuadamente y representar de forma precisa el mundo físico había arraigado en muchos campos; fue un período que vio grandes avances en disciplinas tan diversas como la astronomía, la cartografía y la fabricación de lentes ópticas y de instrumental científico de todo tipo. En este amplio movimiento existieron muchas conexiones entre la ciencia, el arte y la artesanía, y participar en él, aunque solo fuera comprando uno de los muchos tratados sobre geometría y perspectiva que había disponibles, equivalía a vincularse con el nuevo espíritu de investigación que parecía estar decidido a desvelar la estructura oculta del mundo: la nueva magia de la Ciencia.

## JOST AMMAN: MAESTRO GRABADOR

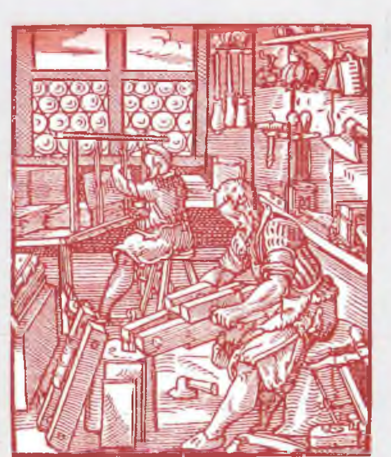
Fue Jost Amman, un prolífico tallador de madera de inmenso talento y con una larga asociación con el autor, quien realizó los grabados para *Perspectiva corporum regularium* de Jamnitzer. En 1560 Amman se mudó de Zúrich a Núremberg, donde primero trabajó como aprendiz en el taller del conocido grabador Virgil Solis y después con Wenzel Jamnitzer; sus iniciales aparecen en once de los grabados de *Perspectiva*. Pasó a ser un reconocido ilustrador por derecho propio, con más de cincuenta libros en su haber. Sorprende saber que al mismo tiempo que Amman preparaba los grabados para la obra de Jamnitzer, también realizó las xilografías para otro volumen, *Das Standebuch* (*El libro de los oficios*; Núremberg, 1568), un extenso repaso de los oficios y ocupaciones contemporáneos que llevaba no menos de 106 grabados (*véase* la pág. sig.), se editó en el mismo año que *Perspectiva*. La extraordinaria productividad de Jost Amman queda reflejada en un comentario hecho por uno de sus discípulos, diciendo que su obra a lo largo de un período concreto de cuatro años hubiera llenado un carro de heno. Amman permaneció en Núremberg hasta el final de su vida en 1591; se cree que su taller produjo más de 1500 grabados.

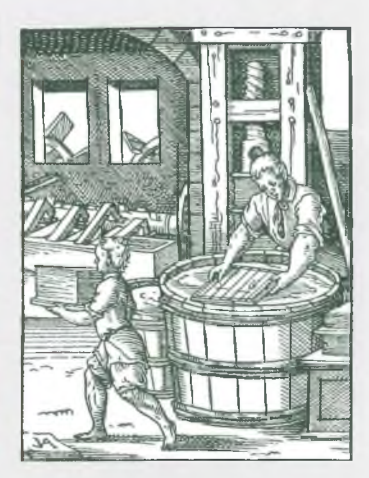


**IZQUIERDA:** de *Das Standebuch (El libro de los oficios)* de Jost Amman, publicado en 1568. Entre sus 114 xilografías, acompañadas por versos de Hans Sachs, se encuentran estas imágenes que representan varios aspectos del oficio de impresor.



**DERECHA:** detalle que representa a un tallador de madera *(Formschneider)* trabajando; xilografía de Jost Amman.





# LOS POPULARIZADORES: RODLER, HIRSCHVOGEL Y LAUTENSACK

Entre los primeros autores en emular a Durero estuvo su antiguo alumno Hieronymus Rodler. Justo tres años después de la muerte de Durero, Rodler produjo en 1531 un manual con la intención declarada de hacer más comprensibles las ideas de Durero. Esta breve obra se centra en el uso de la perspectiva en el dibujo; para ilustrar esta teoría, las xilografías muestran sencillos dibujos de interiores y exteriores de un entorno de trabajo artesano, pero, curiosamente, no se menciona la geometría del plano o la sólida, ni hay ningún ejemplo de figuras regulares. Lejos del sofisticado enfoque de Durero, la obra de Rodler transmite una simplicidad casi ingenua.

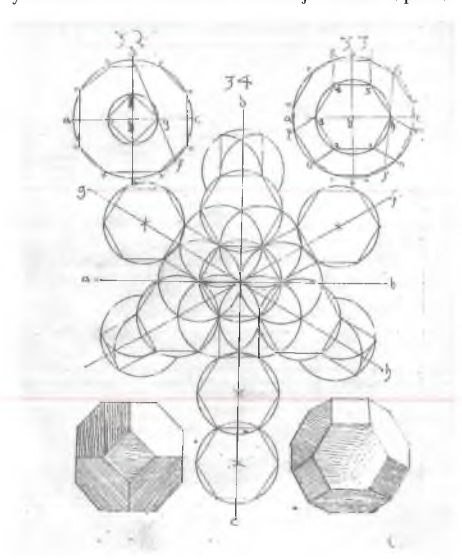


Diagrama de *Ein aigentliche und grundlich Anweysung in die Geometria*, Núremberg, 1543.

Por el contrario, Augustin Hirschvogel (1503-1553) produjo un tratado muy serio titulado *Ein aigentliche und gründlich Anweysung in die Geometria* (*Una instrucción original y concienzuda sobre geometría*, Núremberg, 1543), que se ocupaba sobre todo de los poliedros. En realidad, su libro mejoró el de Durero en este aspecto al mostrar las construcciones de una amplia gama de figuras sólidas, junto con vistas en perspectiva alternativas; examinaba tanto los sólidos semirregulares de Arquímedes como los regulares de Platón. Se trataba de un manual muy competente y está claro que pretendía ser una guía práctica para todos aquellos que trabajaban en oficios artesanos o relacionados con la arquitectura.

Hirschvogel nació en Núremberg, en una familia de pintores de vidrio, y su carrera como matemático y cartógrafo, además de grabador de fama, es un ejemplo de las oportunidades artísticas y de la movilidad social de la época. Cuando Núremberg adoptó la Reforma Protestante, la demanda por los vitrales de color tocó a su fin y el taller de los Hirschvogel, por necesidad, tuvo que buscar trabajo en otros campos. El talentoso Augustin se dedicó primero a la cartografía, con excelentes resultados. Al poco tiempo

ya producía mapas de Austria para la corte imperial de Viena, y también cobró fama por su «Vistas de Viena», que incluía un plano urbano donde aplicó la perspectiva y el novedoso método de triangulación que él mismo concibió. Con su uso de las matemáticas, de una medición exacta y de la perspectiva para estas representaciones de la ciudad, Hirschvogel forma parte de una tradición que se remonta directamente a Durero, quien recomendó el empleo de instrumentos científicos para este propósito en su *Underweysung*.

Heinrich Lautensack, que produjo *Des Circkels und Richtscheyts, auch der Perspectiva und Proportion der Menscher* (*Instrucción sobre el uso de regla y compás en perspectiva y proporción*, Augsburgo, 1564), siguió este impulso por reglas más ajustadas de figuración. Su manual adopta el programa establecido por Durero, ofrece una base sobre geometría lineal y métodos para la construcción de sólidos regulares y semirregulares, trata sobre la teoría de la perspectiva y propone sistemas de proporción para el cuerpo humano y para caballos. Al igual que los libros de Rodler y de Hirschvogel de las dos décadas anteriores, es una producción seria y de valor, aunque un tanto tediosa, y está claro su propósito de ser una guía para artistas y artesanos, y nada más que eso. Pero estaban a punto de aparecer una serie de volúmenes que utilizarían el formato de tratado sobre geometría y perspectiva de formas mucho más imaginativas.



**ARRIBA:** dibujos en perspectiva de *Ein schön nützlich Buchlein*, de Hieronymus Rodler, 1531.


der Menschen. 46

NUch hab ich ein zum lauffen gestelt/ vnd die vierung darbey/ mit den linien des bossens/ zum biegen vnd wenden/ das du sihest/ wie es sich verendert/ vnd das du dasselb lernest wol behalten.

M ij

**ARRIBA:** guía sobre las proporciones en el dibujo del cuerpo humano; de *Des Circkels und Richtscheyts* de Heinrich Lautensack, Núremberg, 1564.


GEOMETRIA ET PERSP




# IV

# *Los* POLIEDROS *y la* IMAGINACIÓN CREATIVA

*En la Alemania de mediados del siglo XVI se publicaron un puñado de libros que presentaban una serie de ilustraciones de inspiración geométrica como no se habían visto antes, ni se han vuelto a ver después. Supusieron el punto álgido de la presencia de la geometría en el arte.*

**IZQUIERDA:** dibujo a pluma y acuarela de un decorado arquitectónico fantástico, con poliedros y figuras, dos de las cuales llevan instrumentos de medición. Este es el ejemplo de mayor tamaño que se conserva de la obra de Lorenz Stoer. Aunque parece corresponder a una página del título, su uso real es incierto. Puesto que el original es policromo, está claro que no estaba destinado a la publicación; es posible que fuera un intento por persuadir a algún mecenas para que patrocinara un proyecto de mayor magnitud.

# LOS GEÓMETRAS CREATIVOS ALEMANES

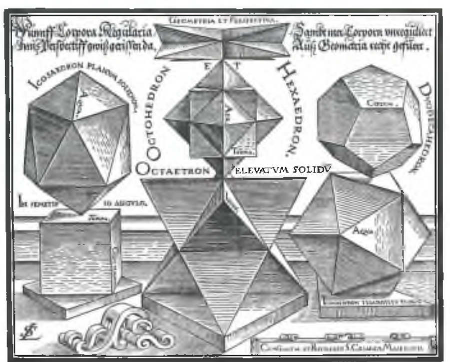
Con este grupo de autores artistas llegamos a una fase extraordinaria, aunque breve, de creatividad geométrica. Es muy probable que cada uno de ellos conociera la obra del otro, o al menos estuviera familiarizado con ella, y casi con toda seguridad eran conscientes de los tratados más prosaicos sobre geometría y perspectiva del pasado reciente, aunque sus producciones se sitúan a otro nivel de imaginación artística. No existía nada tan original e innovador como sus dibujos en los manuales anteriores, y aunque estos autores ejercieron cierta influencia, ninguna de las obras que les siguieron resultó tan interesante. Este breve florecimiento de la creatividad llegó de la mano de una hermandad artística que parece no haber sido muy consciente de su propia existencia. Aunque el propósito de sus libros era ostensiblemente didáctico —es decir, demostrar métodos de geometría y perspectiva—, ninguno de ellos hizo un gran esfuerzo por transmitir una auténtica teoría de la perspectiva, sino que confiaron en la «prueba» de sus propios dibujos, que en sí mismos son mucho más imaginativos que cualquiera de los anteriores tratados. Es difícil no llegar a la conclusión de que este grupo, hablando en términos artísticos, está jugando con el género y que los autores explotaron en profundidad su atractivo, mucho más que sus predecesores. Los libros que produjeron fueron realmente populares; se tradujeron, pasaron por nuevas ediciones y, en el caso de Jamnitzer, fueron pirateados repetidamente.

Por una serie de razones siempre existirán dudas sobre este breve florecimiento del arte geométrico y sobre el grupo de artistas que lo produjo. En primer lugar, como hemos visto, se conoce muy poco sobre las vidas de los mismos; además, ninguno de ellos, al parecer, tenía gran cosa que decir sobre su obra; y para complicarlo todo un poco más, se puede haber perdido mucha información y pruebas materiales durante la confusión que la guerra y la peste causaron en su tierra natal, tanto en su época como poco tiempo después.

Sí sabemos que, por desgracia, tanto Jamnitzer como Lencker fueron víctimas de la peste que asoló Núremberg en 1585. La ciudad había sufrido repetidos brotes de esta temible enfermedad desde la primera gran epidemia entre 1437 y 1450. De hecho, la guerra, los disturbios religiosos y los brotes esporádicos y recurrentes de peste formaban parte del trasfondo de la Alemania de la época. Es difícil imaginar en nuestros días la devastación y la perturbación que estos terribles eventos habrían causado en la vida cotidiana; uno de los efectos colaterales sería la suspensión periódica del comercio y de los viajes. Para nuestros artistas artesanos, tales interrupciones podrían haber representado una grave amenaza para su sustento, pero por otro lado habrían gozado de más tiempo libre. ¿Podría haber sido esto un factor que permitió la creación de, como mínimo, algunos de estos dibujos? Existen muchos precedentes de








**ARRIBA, IZQUIERDA:** de *Perspectiva corporum regularium* de Wenzel Jamnitzer, 1568.

**ARRIBA, DERECHA:** de *Perspektivische Reiss Kunst* de Peter Halt, 1625.

**IZQUIERDA:** de una página del título alternativo de *Geometria et perspectiva* de Lorenz Stoer, h. 1567.

creatividad artística bajo condiciones de aislamiento forzoso y de exilio temporal. Por ejemplo, Boccaccio escribó su *Decamerón* mientras él y un grupo de amigos se refugiaban de la peste en una villa de las afueras de Florencia. Y el primer viaje a Italia de Durero tuvo un motivo similar, para escapar de la peste que había brotado en Núremberg en 1498.

Todos los artistas y autores que siguieron los pasos de Durero, como fue el caso de este grupo, se vieron atrapados como él en el apasionado interés de la época, es decir, en los desafíos metodológicos de una representación realista. Sus libros y sus dibujos fueron, en parte, una demostración de este enfoque racionalista, y muchos de sus autores usaron mecanismos técnicos como ayuda en sus dibujos; ciertamente acertaron en su representación de temas complejos. Para estos artistas la claridad de representación que deseaban —y que con frecuencia conseguían— estaba totalmente en consonancia con la pureza platónica de su tema.

# WENZEL JAMNITZER

Wenzel Jamnitzer (1508-1585) podría reclamar el honor de ser el fundador de este grupo de artistas geómetras alemanes de mediados del siglo XVI. De todas las obras, la suya es la más rotunda y esquemática; aunque fue el artista más conocido en su época, incluso en su caso se tienen pocos detalles biográficos. Nació en Viena y se instaló en Núremberg, donde adquirió la ciudadanía en 1534. Antes de publicar su *Perspectiva corporum regularium* en 1568, ya había profesado con éxito su oficio de orfebre. De hecho, fue el orfebre más destacado de su tiempo, y el taller familiar que dirigía había producido objetos preciosos para muchas cortes reales europeas, entre ellas la de los emperadores Habsburgo. Se le llamó «el Cellini alemán» y consiguió el puesto de Maestro Acuñador en Núremberg, lo que lo convirtió en un destacado ciudadano de dicha ciudad. También se sabe que Jamnitzer se interesó por los problemas matemáticos, que fabricó diferentes instrumentos científicos y que publicó obras sobre esos temas. Pero su *Perspectiva* se sitúa en otra categoría distinta: aunque refleja tanto su habilidad artesana como sus intereses científicos, en esencia es una obra de pura fantasía geométrica.

Resulta fascinante especular sobre las intenciones conscientes de Jamnitzer con respecto a esta obra. Es evidente que conocía perfectamente las nociones platónicas del simbolismo «elemental» asociado con los sólidos regulares, y explícitamente basó sus figuras en el Libro XIII de Euclides y en el *Timeo* de Platón, pero parece que tenía sus propias ideas cosmológicas sobre su correspondencia con el mundo físico. Hasta donde se puede determinar —puesto que nunca llegó a completar su introducción—, su intención era que el esquema de *Perspectiva* presentara algún tipo de «alfabeto metafórico» donde los cinco sólidos regulares correspondieran a las cinco vocales griegas, y las veinticuatro variaciones de los sólidos a las veinticuatro letras de ese alfabeto. Este «método nunca antes empleado», como él lo describió, resultaría en la «evitación de toda superficialidad y, al contrario que la antigua manera de enseñar, no se dibujaría ni una sola línea o punto que no fueran necesarios». Encontramos aquí un claro eco de la noción platónica de que los cinco sólidos regulares forman la base del mundo fenomenológico, pero es una interpretación totalmente idiosincrásica, en la que parece haber visualizado la creación de infinitas figuras sólidas de varias formas y tamaños como metáfora de la creación del mundo físico.

La segunda parte es mucho menos esquemática, o tal vez el esquema no resulta tan evidente. Empieza con diez pares de sólidos regulares transparentes o «en esqueleto», «al modo italiano», seguidos por seis páginas de variaciones esféricas; a continuación, hay cuatro pares de variaciones piramidales y cónicas,



**ARRIBA:** retrato de Wenzel Jamnitzer por el pintor flamenco Nicolas de Neufchâtel. Jamnitzer sostiene un compás de proporción en la mano derecha y en la izquierda, un dispositivo de ensayo que él mismo construyó.

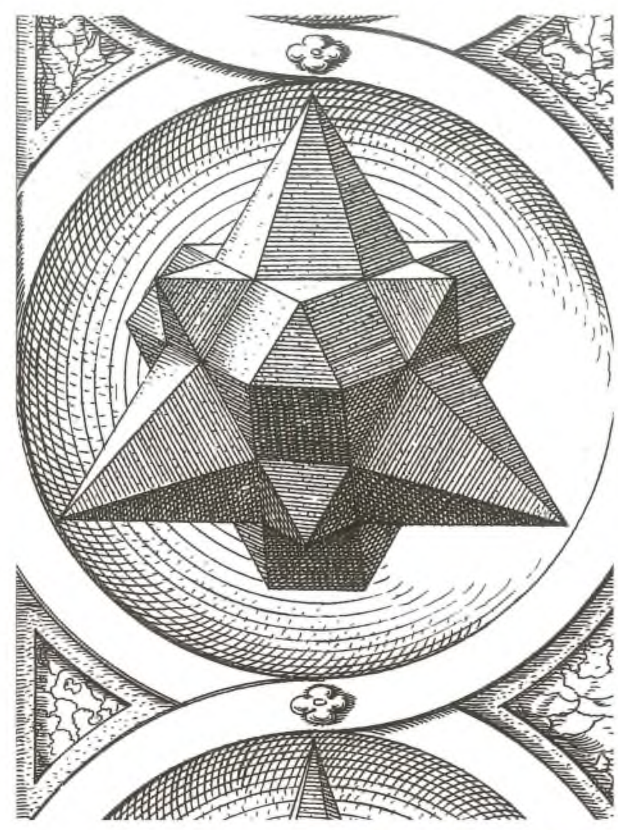
y la colección concluye con tres láminas de rotondas basadas en el *mazzocchio*, la figura básica de los tratados sobre perspectiva.

No explica cómo espera que estos dibujos encajen en su esquema, pero se cree que son simples emanaciones de la extraordinaria imaginación de Jamnitzer. Jost Amman (*véase* la imagen inferior) hizo los grabados de *Perspectiva corporum regularium*; fue un prolífico grabador de gran talento, que mantuvo una larga asociación con Jamnitzer.

En su época Wenzel Jamnitzer fue el orfebre más famoso de Europa, y todavía hoy se pueden contemplar muchas de las producciones de su taller en los museos de toda Europa. Pero estos recargados *objets*, excesivamente decorados con piedras semipreciosas, corales y conchas, proyectan una impresión artística totalmente distinta de la pureza geométrica del *Perspectiva corporum*, que ha sido descrito como una «fuga visual compuesta para la gloria de la armonía del universo».



**ARRIBA:** Wenzel Jamnitzer con su máquina de perspectiva, grabado de Jost Amman. Poco se indica aquí sobre la importancia de Jamnitzer en la sociedad de Núremberg y como maestro orfebre. Más bien se lo representa como un científico artista, trabajando con el mecanismo de perspectiva que supuestamente empleó para crear sus dibujos de tan notable exactitud. En parte se trataba probablemente de una redefinición consciente de su identidad, alejada de la de mero artesano y más cercana al papel de un erudito del Renacimiento.



**IZQUIERDA Y ABAJO:** el principio subyacente en los dibujos de Jamnitzer se deriva de la noción platónica de estos sólidos como «elementos», es decir, tierra, aire, fuego y agua, y por tanto como los fundamentos de la realidad física. El propio Jamnitzer creía que había logrado tanto «la invención de un método de perspectiva» como «el estudio de las fuerzas elementales».

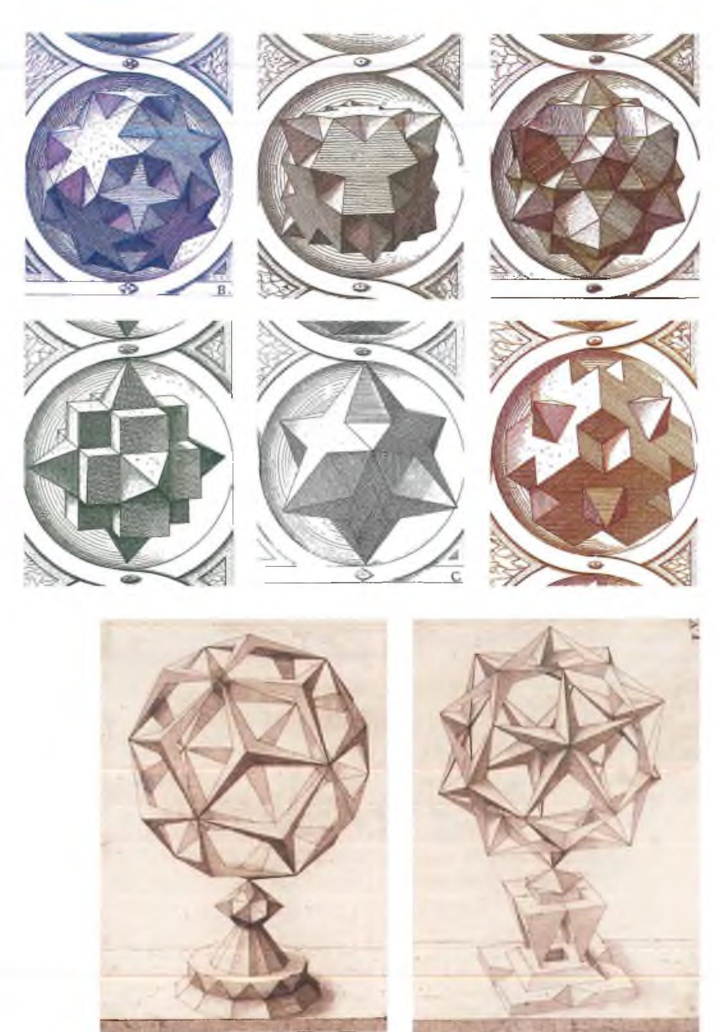
El esquema que ha adoptado, al menos por lo que se refiere a las variaciones poliédricas de la primera parte del libro, resulta un tanto idiosincrásico. En primer lugar, adscribe cada sólido a una vocal (A para el tetraedro, E para el octaedro, I para el cubo, O para el icosaedro, U para el dodecaedro). Cada sección de sólido/vocal contiene 24 ilustraciones: el propio sólido y 23 variaciones; el número de variaciones se cree que está determinado por las 24 letras del alfabeto griego. Jamnitzer emplea facetas, truncamientos y formas estrelladas para producir 120 variaciones, 24 para cada sólido.





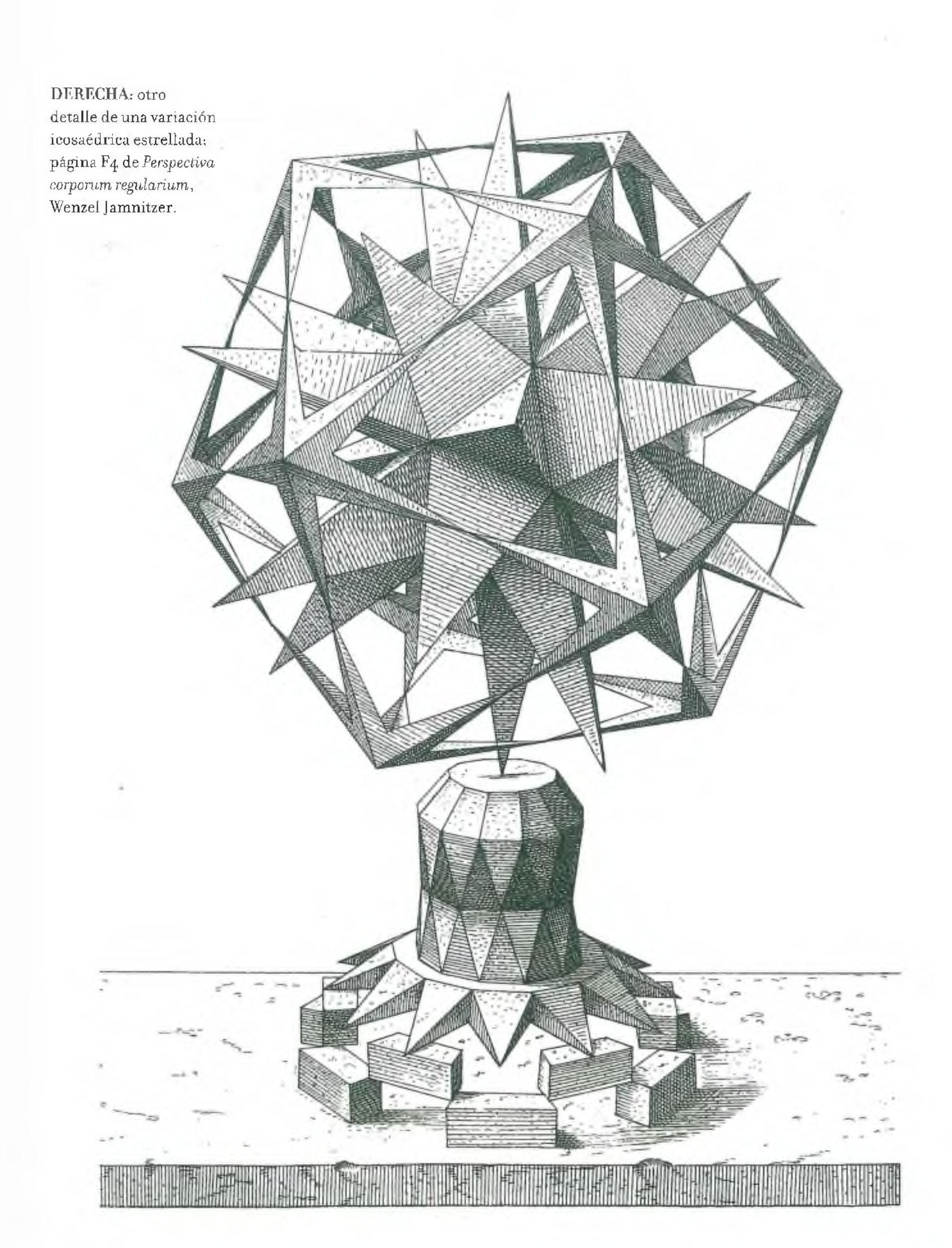


**DERECHA:** detalles de variantes tetraédricas, cúbicas y octaédricas; de *Perspectiva corporum regularium*, Wenzel Jamnitzer, Núremberg, 1568.




**ARRIBA:** variantes icosaédricas estrelladas, páginas F4 (izquierda) y F5 (derecha); de *Perspectiva corporum regularium*, Wenzel Jamnitzer.

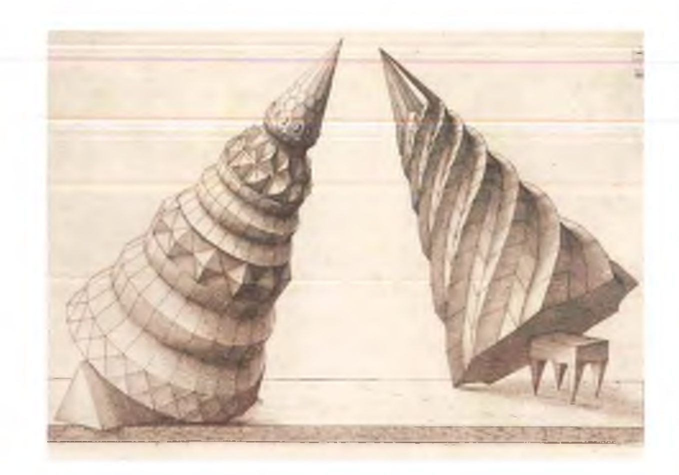
**DERECHA:** otro detalle de una variación icosaédrica estrellada: página F4 de *Perspectiva corporum regularium*, Wenzel Jamnitzer.

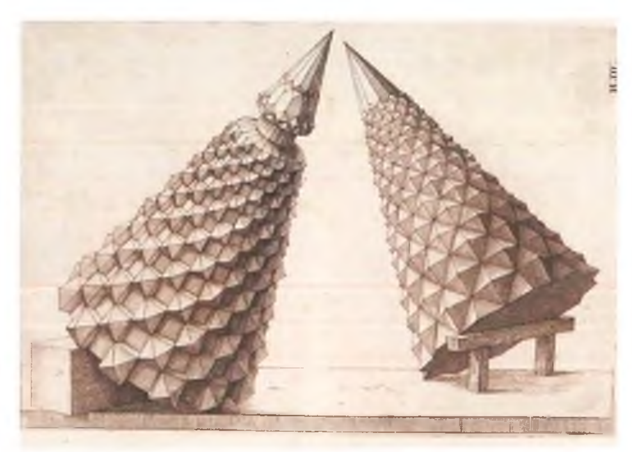


Variantes cónicas de *Perspectiva corporum regularium*, Wenzel Jamnitzer.

**DERECHA:** lámina n.º H2.

**ABAJO:** lámina n.º H4.









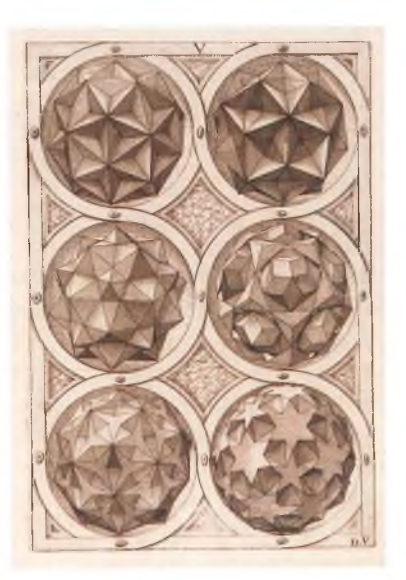
Láminas de *Perspectiva corporum regularium*, Wenzel Jamnitzer.

**ARRIBA, IZQUIERDA:** variantes tetraédricas A2.

**ARRIBA, DERECHA:** variantes cúbicas C1.

**ABAJO:** variantes dodecaédricas D4 y D5.





# LORENZ STOER



Lorenz Stoer fue el segundo de los tres artistas de Núremberg en publicar un libro sobre geometría y perspectiva entre los años 1567 y 1568. No obstante, la *Geometria et perspectiva* de Stoer no se puede considerar material didáctico debido a su brevedad —solo once dibujos— y a que no contiene ningún texto. A pesar de ello, es una obra enigmática, con una serie de sólidos geométricos, algunos regulares, en equilibrio uno encima del otro y situados entre varios paisajes de edificios medio en ruinas y cubiertos de maleza. A veces esas formas geométricas y arquitectónicas van acompañadas de extrañas volutas entrecruzadas. En la página del título Stoer sugiere que estos dibujos podrían ser útiles como patrones de taracea, aunque no se conserva ningún ejemplo que indique que se llegaron a usar para tal fin. Desprovistos de figuras humanas o animales, transmiten una sensación más bien melancólica, casi postapocalíptica; las cualidades «eternas» de las figuras sólidas quedan resaltadas por el aspecto de unos paisajes urbanos abandonados y en ruinas.

¿Podría tratarse de un reflejo de los devastadores efectos de la peste y del miedo de nuevos brotes? Núremberg y Augsburgo habían sufrido episodios de esta terrible enfermedad durante el siglo XVI, el más reciente en 1563, solo tres o cuatro años antes de la publicación del libro. Realmente los dibujos están impregnados de cierto aire de angustia, pero a lo largo del Renacimiento había surgido un nuevo interés por las ruinas clásicas, se había empezado a estudiarlas y medirlas, y habían aparecido en otros tratados sobre perspectiva, así que el uso del tema por parte de Stoer está lejos de ser el único caso.

Stoer también hizo dos notables infolios con figuras geométricas. Como los dibujó a color, parece poco probable que su intención fuese publicarlos; uno contiene 33 pinturas, el otro 336. Estas delicadas acuarelas fueron una obra hecha con amor. Varios de los dibujos de la última colección están fechados e indican que se realizaron a lo largo de un período de casi cuarenta años, entre 1562 y el fin del siglo.



**PÁGINA ANTERIOR:** página del título de *Geometria et perspectiva* de Stoer, Augsburgo, 1567. El subtítulo indica que estos «diversos dibujos de edificios en ruinas» podrían ser de utilidad para el trabajo de taracea de profesionales y aficionados. En el original la banda ovalada está impresa en un tono marrón claro y encierra el ambiguo epigrama: «¿Quién haría lo correcto para todos? Nadie lo intentaría siquiera».

**ARRIBA:** lámina n.º 1 de *Geometria et perspectiva* de Stoer.












**PÁGINA ANTERIOR, ARRIBA E IZQUIERDA:** láminas 2-8 de *Geometria et perspectiva* de Stoer.





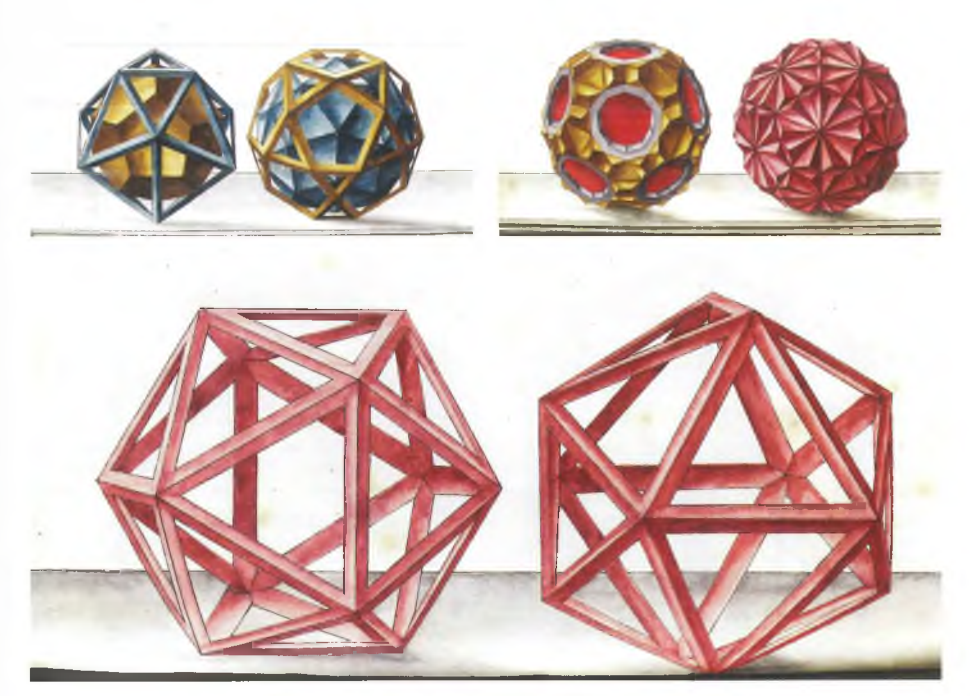

**ARRIBA:** láminas 2-9 de *Geometria et perspectiva* de Stoer. Es probable que las planchas xilográficas para esta breve obra se hicieran en el taller de Hans Rogel, un impresor y editor de Augsburgo, después de que Stoer se trasladara a vivir allí sobre el año 1557.

La tradición renacentista de un interés por las ruinas se remonta a Brunelleschi y Donatello, quienes lo asociaban con el resurgimiento del mundo clásico. Esta vinculación continuó con el arquitecto Sebastiano Serlio, que incluyó vistas de ruinas en su obra sobre perspectiva, aunque también existía una tradición de ruinas idealizadas, especialmente entre los grabadores de los Países Bajos.

Encuadernados sobre el año 1600, presentan una colección extraordinariamente bella de ingeniosas formas geométricas, y son un notable ejemplo del sostenido entusiasmo de un geómetra refinado.

Hasta hace relativamente poco tiempo se conocía a Stoer más que nada por los once grabados que aquí se muestran. En tiempos recientes han salido a la luz otras estampas, entre ellas un infolio con 336 delicadas acuarelas encontrado en la biblioteca de la Universidad de Múnich, que, según las fechas de algunas de ellas, parece que se realizaron a lo largo de un período de más de treinta años. Se sabe muy poco de la vida de este artista y artesano, aparte de que nació y pasó la primera parte de su vida en Núremberg. Las ilustraciones del delgado volumen no van acompañadas de ningún texto ni se conserva ninguna explicación que pudiera arrojar luz sobre su fascinación general por las figuras geométricas regulares.

Las xilografías de *Geometria et perspectiva* de Stoer consisten en varias combinaciones caprichosas de figuras regulares y volutas *(Rollwerk)* situadas en un paisaje en ruinas encantado. El subtítulo de esta bre-

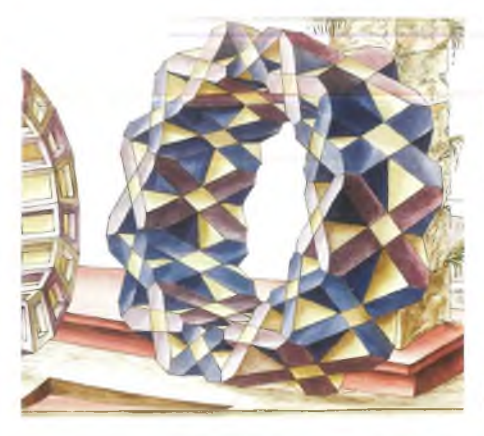


**ARRIBA:** tres páginas de la serie de acuarelas de *Geometria et perspectiva: corpora regulata et irregulata* de Lorenz Stoer.

ve obra sugiere que los dibujos podrían ser de utilidad para el trabajo de taracea tanto de profesionales como de aficionados. Stoer se trasladó al cabo de un tiempo a Augsburgo, un centro especializado en esta artesanía. Aunque más bien confirma la idea, no se conserva ningún trabajo de taracea que emplee sus dibujos, y estos son de bastante mayor calidad que los ejemplos que se conservan de paneles taraceados. Existen indicios de que por esa época se usaban dibujos de láminas impresas para este propósito, pero no se sabe si los de Stoer se llegaron a utilizar.

A pesar de los títulos de este libro y del manuscrito infolio, ninguno de los dos tiene el propósito de enseñar perspectiva; de hecho, la perspectiva que emplea no resulta especialmente convincente. De todos modos, parece evidente que el motivo subyacente de Stoer fue el mismo que el de Durero antes que él: elevar el nivel de las artes y oficios, y el estatus social de artistas y artesanos, mediante la adopción de conceptos matemáticos y filosóficos.

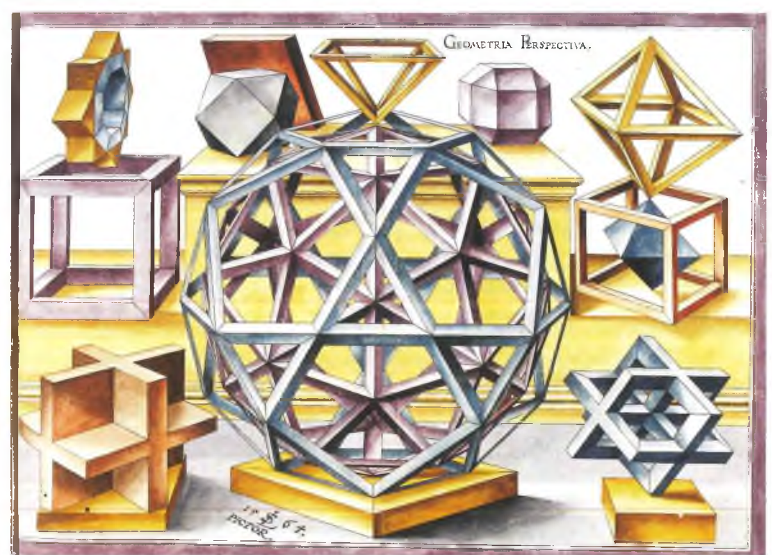
Fuera lo que fuera lo que ocurrió en su vida, sabemos que Stoer continuó dibujando figuras geométricas durante los cuarenta años siguientes, a lo largo de un período muy convulso de la historia alemana. Su persistencia es un tributo a su propia dedicación y a la prolongada fascinación del género.





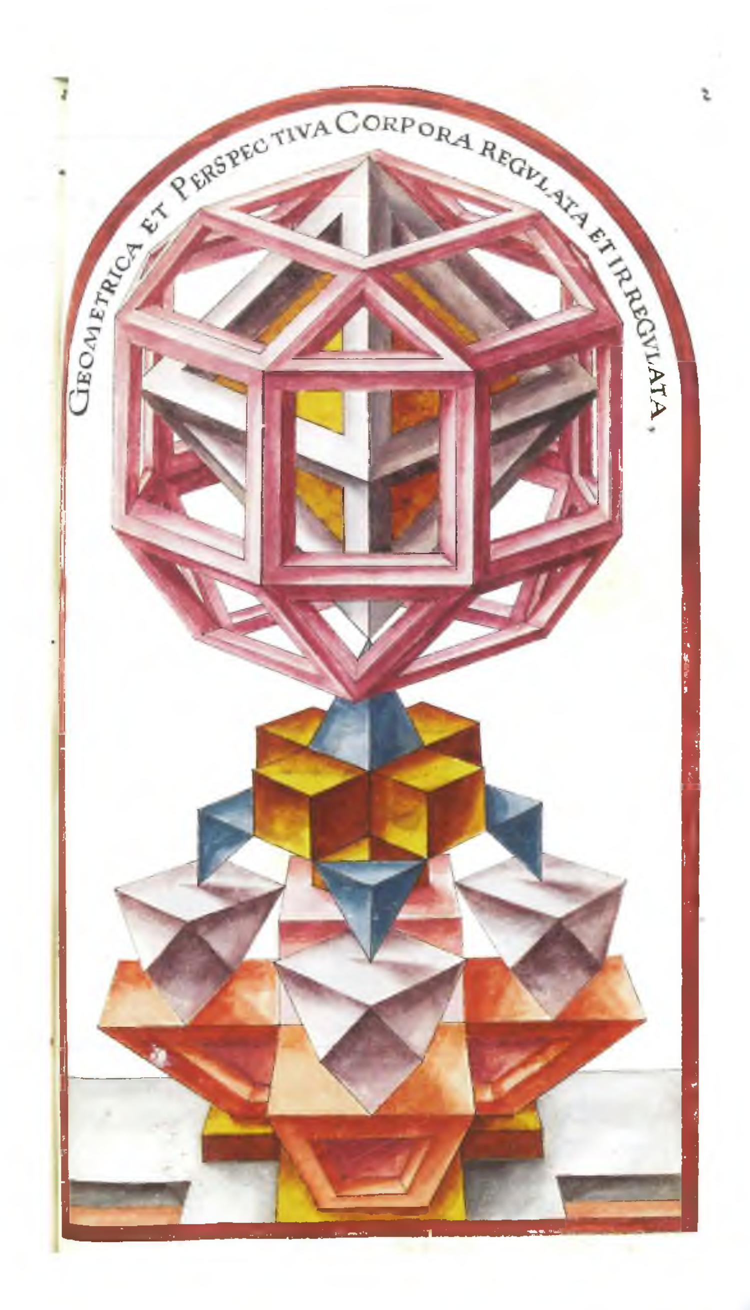
**ARRIBA, IZQUIERDA:** acuarela n.° 243 de *Geometria et perspectiva: corpora regulata et irregulata*.

**ARRIBA, DERECHA:** acuarela n.° 331 de *Geometria et perspectiva: corpora regulata et irregulata*.




**ARRIBA:** acuarela n.° 332 de *Geometria et perspectiva: corpora regulata et irregulata*.

**PÁGINA SIGUIENTE:** de *Geometria et perspectiva: corpora regulata et irregulata*.


GEOMETRICA ET PERSPECTIVA CORPORA REGVLATA ET IRREGVLATA

# ANÓNIMO (h. 1565-1600): *GEOMETRISCHE UND PERSPEKTIVISCHE*

Los siguientes dibujos geométricos corresponden a otro infolio, anónimo, que contiene un total de 36 acuarelas, similares a las de otros artistas mencionados en este apartado. Como los de Lorenz Stoer, están hechos a pluma y acuarela y se llevaron acabo durante un tiempo prolongado. Muchos se derivan claramente de los de Jamnitzer y Lencker, mientras que otros muestran una excentricidad propia y original. Por otra parte, una característica encantadora y distintiva es la inclusión de diversos tipos de pequeñas criaturas.

Los libros de Jamnitzer y Lencker poseían un mayor atractivo que otros tratados anteriores y establecieron las bases del género, pero la obra posterior de Stoer y la del artista anónimo parecen haber sido producciones más privadas. Es posible que se trataran de un encargo, pero más probable todavía que los hicieran para satisfacción personal.

La serie empieza con dibujos de los sólidos platónicos, como una especie de declaración de intenciones, y continúa explorando temas similares a los de artistas anteriores, inspirándose en los mismos. De hecho, las similitudes existentes entre la variedad de temas de estos dibujos y las de otros artistas que se mencionan en el presente libro generan preguntas que por desgracia no tienen respuesta, como si tenían una relación cercana, si estaban familiarizados con las obras del otro o en qué circunstancias se realizaron esas ilustraciones. Nos encantaría conocer más detalles sobre su vida, pero de lo único de lo que podemos estar seguros es de que la cualidad serena y contemplativa de estas imágenes debía de haber representado un gran contraste con el telón de fondo de la época, sacudido por la agitación política y bajo la amenaza de la peste. En la Alemania de finales del siglo XVI se podía perdonar que un artista buscara una salida a ese mundo turbulento refugiándose en la contemplación de las formas platónicas eternas.

**PÁGINA SIGUIENTE:** páginas 45, 47, 49 y 53 del álbum *Geometrische und perspektivische Zeichnungen*, de un artista anónimo.









Página 6 del álbum *Geometrische und perspektivische Zeichnungen*, de un artista anónimo.





**IZQUIERDA:**
página 79
del álbum
*Geometrische und perspektivische Zeichnungen*, de un artista anónimo.

# JOHANNES LENCKER

Johannes Lencker (1523–1585) fue contemporáneo de Wenzel Jamnitzer y ambos tenían muchas cosas en común. También él era un conocido orfebre y un ciudadano notable de Núremberg que, como Jamnitzer, desempeñó un papel prominente en su vida civil. Asimismo se sabe que ideó instrumentos de dibujo y de medición, incluyendo los que usó para su tratado *Perspectiva literaria*, de 1567 (*véase* más adelante). Gran parte de esta obra trata sobre el dibujo en perspectiva de las capitulares «como si se tallaran en metal o madera», pero concluye con una serie de ilustraciones de formas arquitectónicas y poliédricas, entre ellas una concha de nautilo decorada. Algunas tienen un parecido suficiente con las de Jamnitzer como para sugerir cierta familiaridad, aunque el libro de Lencker se editó un año antes (1567) que la *Perspectiva corporum regularium* de Jamnitzer. Fuera cual fuera el propósito de su obra y lo que pasara por la mente de los realizadores de estas colecciones de dibujos de base geométrica, está claro que compartieron estilo e ideas visuales aun cuando no llegaran a formar escuela.

Unos años más tarde, en 1571, Lencker produjo un nuevo libro con el sencillo título de *Perspectiva* que aportaba instrucciones más explícitas sobre el uso de la perspectiva que su obra anterior. Aquí el artista distingue entre el «elevado, bello y sutil» arte de la perspectiva como teoría filosófica y su propio enfoque mucho más práctico. Deja claro que solo le preocupa la representación correcta de las proporciones. Este volumen también presenta una interesante serie de bosquejos que muestran lo que posiblemente fuera una revisión exhaustiva de los instrumentos que se usaban en la época para medir y dibujar.

Los libros de Lencker sobre perspectiva, junto con sus habilidades técnicas y de construcción de instrumentos, le abrieron las puertas de la *Kunstkammer* de los electores sajones de Dresde (*véase* la pág. 172), gracias a los cuales recibió encargos de las cortes de Kassel y Múnich. Se conserva un infolio de sus acuarelas, datado en 1576, en el *Kupfertisch-Kabinett* de Dresde. Estos fascinantes dibujos se basan en un tema similar al de las fantasías geométricas de Jamnitzer. Su obra en general resulta decisiva y enigmática; es una pena que el artista produjera tan poco, o que su obra no se haya llegado a conservar. Lencker, al igual que Jamnitzer, murió a causa de la peste que azotó Núremberg en 1585.


PERSPECTIVA
Hierinnen auffs kürtzte
beschrieben/ mit exempeln eröffnet vnd an

Durch Hansen Lencker Burger
zu Nürmberg/allen liebhabern guter künsten
zu ehren vnd gefallen publicirt.

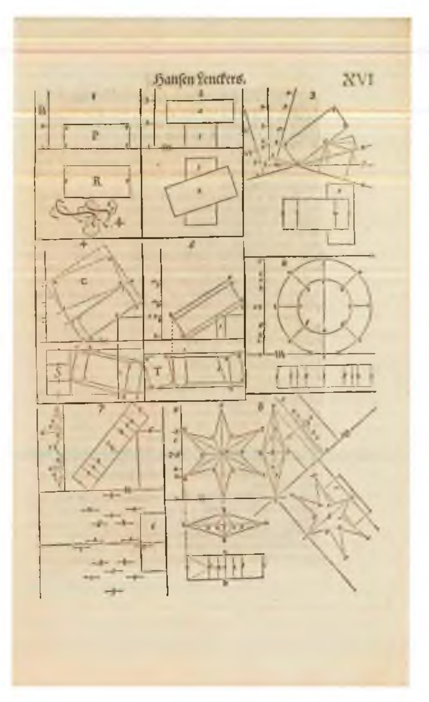
Mit Röm. Key. May. Freiheit/ auff sechs jar.
Gedruckt zu Nürmberg/ durch Dietrich Gerlatz.
M. D. LXXI.

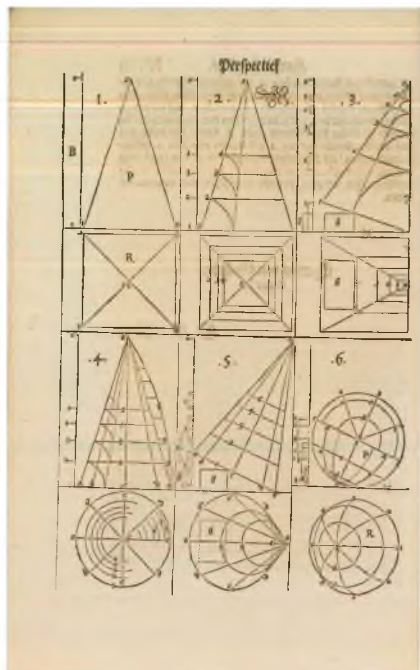




**ARRIBA, IZQUIERDA:** página del título de *Perspectiva* de Lorenz Stoer, 1571.

**ARRIBA, DERECHA, E IZQUIERDA:** dos páginas de *Perspectief Buch* de Johannes Lencker, un infolio que realizó durante su estancia en la corte sajona de Dresde, h. 1576.

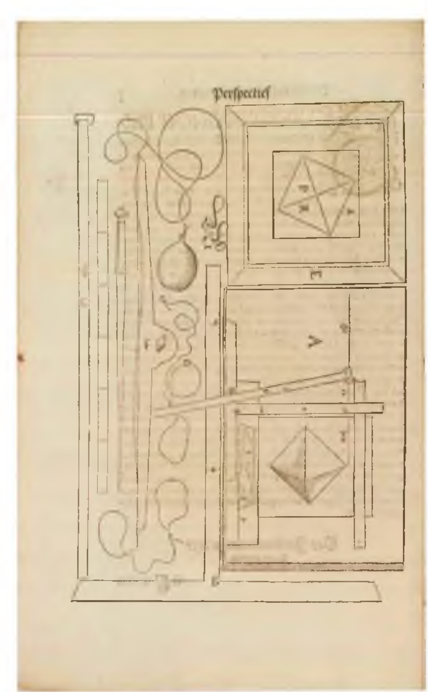


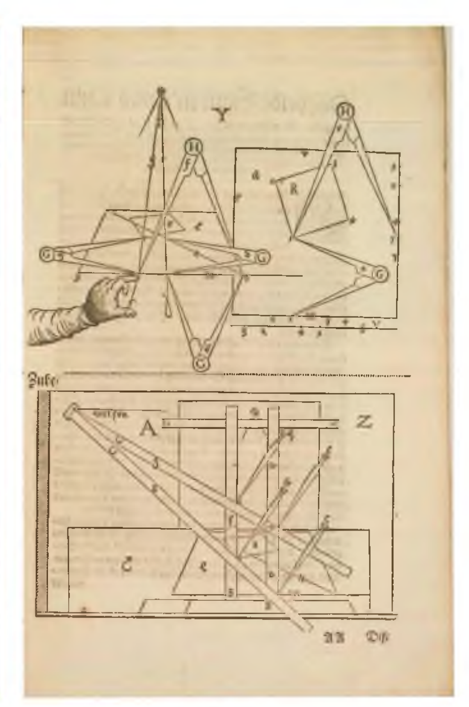




**ARRIBA, IZQUIERDA Y DERECHA, Y PÁGINA SIGUIENTE, ARRIBA:** imágenes en perspectiva junto con los bosquejos e instrumentos de medición; de *Perspectiva* de Johannes Lencker, 1571. Según James Elkins, todo ello forma parte de «su compleja comprensión de la perspectiva».

**DERECHA Y PÁGINA SIGUIENTE, ABAJO:** figuras semirregulares de *Perspectiva* de Johannes Lencker, 1571.





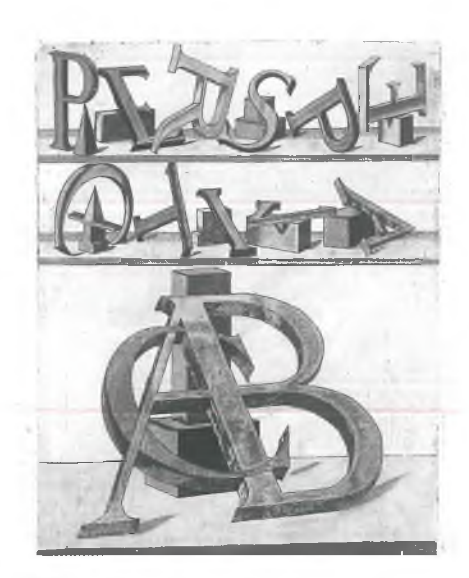

Y
A
Z





# LETRAS Y PERSPECTIVA: *PERSPECTIVA LITERARIA*

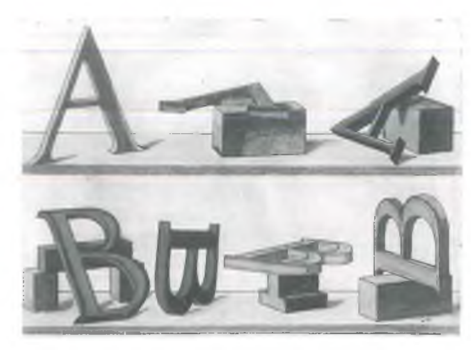
La obra de Johannes Lencker *Perspectiva literaria* consiste en todas las letras del alfabeto desde distintas perspectivas, y por ello se debe tratar de uno de los más curiosos ejemplos del género geométrico y de la perspectiva (aunque también contiene varias interesantes formas semirregulares). El empleo que Lencker hizo de las letras en distintas posiciones, para demostrar la perspectiva y la aplicación de su propia «máquina de perspectiva», fue totalmente original, aunque más tarde Lucas Brunn, director de la *Kunstkammer* de Dresde, lo retomaría en su propio tratado sobre perspectiva de 1613 (*véase* la pág. 170).

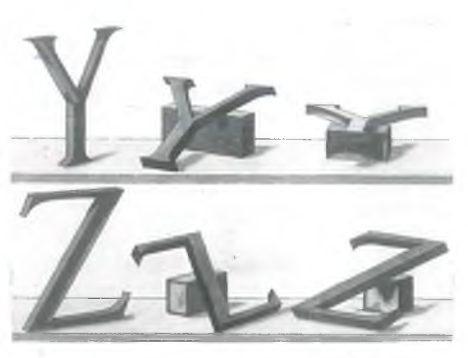


**ARRIBA**: la primera página de *Perspectiva literaria (Perspectiva de las letras)* de Johannes Lencker, Núremberg, 1567.

Lencker, al igual que Jamnitzer, se había formado como orfebre y se había convertido en una importante figura política de la ciudad de Núremberg. Por desgracia, poco más se sabe de su vida. Sus dibujos de figuras geométricas le deben algo a Jamnitzer, es mejor dibujante que Stoer, y sus representaciones tienen un estilo más libre que el de los otros dos artistas. A diferencia de Jamnitzer, no hizo ningún intento por encajar sus dibujos en un esquema, aparte del propio alfabeto. De hecho, presenta sus ilustraciones como «pruebas evidentes» de los principios de la perspectiva. Parece que, al igual que Durero, poseía un buen entendimiento de los principios básicos de la óptica y se sabe que construyó instrumentos de perspectiva y medición, ilustrados en una obra posterior titulada *Perspectiva*.

En *Perspectiva literaria* sus dibujos tridimensionales de letras no se acompañan de texto alguno que explique su propósito. Por supuesto, existían precedentes sobre la correcta forma de trazar las letras del alfabeto en tratados de arte y artesanía; tanto Pacioli como Durero trataron el tema en sus libros, que subsiguientemente se convirtieron en fundamentales para ese tipo de literatura. Lo que hizo Lencker fue juntar la perspectiva





**ARRIBA Y ABAJO:** más ilustraciones de *Perspectiva literaria (Perspectiva de las letras)* de Johannes Lencker, Núremberg, 1567. Las habilidades técnicas de Lencker, tanto para dibujar como para concebir instrumentos de perspectiva, le llevaron a la corte sajona de Dresde y más tarde a la de Múnich. Para Lencker, *Perspectiva literaria* fue un intento consciente de revelar las construcciones en perspectiva que habían estado ocultas en su obra anterior, *Perspectiva*, de 1571.

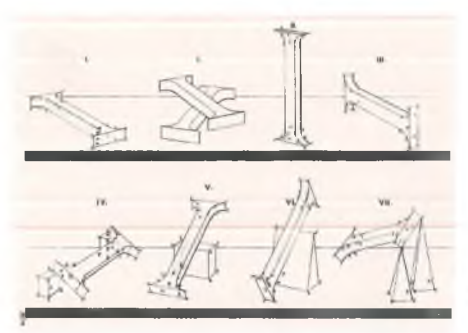
con la forma de las letras, mostrando todas las letras del alfabeto en una gran variedad de posiciones. El propósito del libro era deslumbrar dejando patente su habilidad para el dibujo y su conocimiento sobre perspectiva. Cuando se publicó se hizo muy popular, y ha conseguido retener cierto atractivo para el lector moderno.

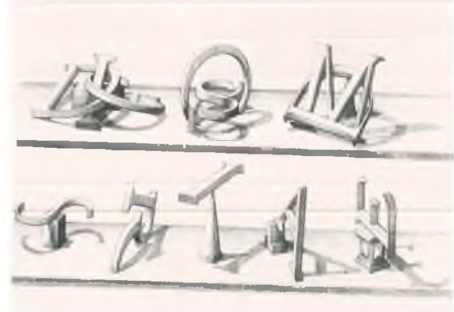
*

Lucas Brunn es conocido por ser director de la *Kunstkammer* de Dresde y por haber sido nombrado matemático de la corte en algún momento antes de 1620. Posteriormente produjo una edición en alemán de los *Elementos* de Euclides (Núremberg, 1625). El uso que hace de las letras para demostrar cómo realizar dibujos en perspectiva sin emplear modelos sino una «máquina de perspectiva» está claramente vinculado al trabajo de Lencker en este mismo campo. Es probable que conociera a Lencker, quien había pasado un tiempo como tutor en la *Kunstkammer* de Dresde; pero de nuevo, por desgracia, no se conocen los detalles de su relación.

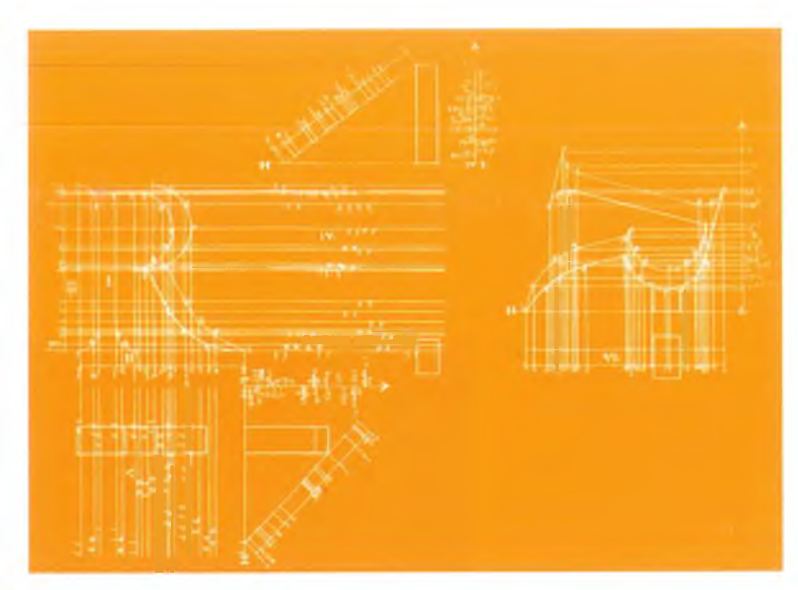


**ARRIBA:** Una ilustración de *Praxis perspectivae* de Lucas Brunn, claramente influida por *Perspectiva literaria* de Johannes Lencker. Gracias a esta obra Brunn, profesor de matemáticas y fabricante de instrumentos de Núremberg, se convirtió en matemático de la corte y en director de la *Kunstkammer* de los electores sajones de Dresde (*véanse* las págs. sig.).

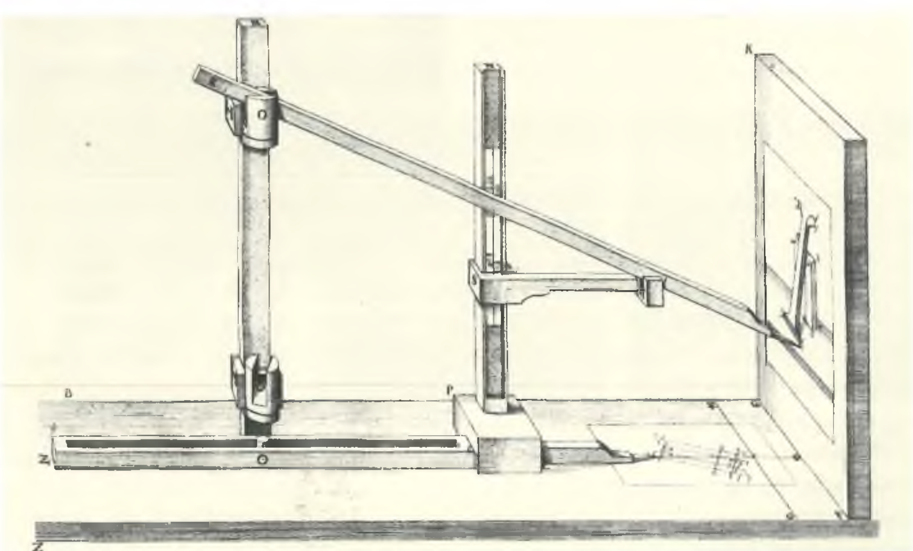




**ARRIBA:** ilustraciones de *Praxis perspectivae* de Lucas Brunn, publicado en Núremberg en 1615, donde describe la óptica como «la más noble, la más elevada y la más práctica de las disciplinas».



**IZQUIERDA:** Brunn era experto en fabricar instrumentos científicos (a él se atribuye la invención del micrómetro) y estaba totalmente familiarizado con los avances más recientes de la óptica. En su obra *Praxis perspectivae* quiso demostrar cómo se podían hacer dibujos en perspectiva sin emplear modelos. En esta ilustración pueden observarse los cálculos generados por su «máquina de perspectiva».



**ARRIBA:** la «máquina de perspectiva» de Lucas Brunn.

# LA *KUNSTKAMMER* DE DRESDE

En el siglo XVI se valoraban mucho los instrumentos científicos de todo tipo. De hecho, en ocasiones se ofrecían como regalos de gran prestigio en las diversas cortes, y muchos de ellos se conservaron en las colecciones principescas bajo el nombre de *Kunstkammer* (gabinetes de curiosidades). Algunas de ellas consistían en una simple acumulación de curiosidades, mientras que otras eran colecciones más serias y dedicadas. El ejemplo más famoso de estas últimas era la de la corte sajona de Dresde, considerada una de las mejores de su tipo de toda Europa. Comprendía una extensa colección de objetos de interés científico, como herramientas e instrumentos técnicos, muchos de ellos realizados por encargo. Se podría considerar como un prototipo de museo de la ciencia; atrajo a algunos visitantes muy ilustres, como Johannes Kepler, del que se sabe visitó la institución sobre el año 1600. Kepler fue testigo de una demostración de *cámara oscura* que le causó gran impresión, y observó un modelo de un dodecaedro, del que se dice que inspiró su reflexión sobre la simetría de los copos de nieve titulada *Strena*.

El director de este establecimiento desde 1619 fue el matemático de la corte Lucas Brunn (1572-1628), una figura destacada por derecho propio. Brunn se había trasladado de Núremberg a Dresde, donde, como profesor de matemáticas, había publicado un tratado



**ARRIBA:** el delicado torneado del marfil se consideraba una ocupación digna de un aristócrata puesto que, al realizar esta actividad, el noble alumno podía trabajar con algo material y de ese modo adquirir un mayor conocimiento sobre la naturaleza.

sobre perspectiva, *Praxis perspectivae* (1613), influido por la *Perspectiva literaria* de Johannes Lencker. También era fabricante de instrumentos astronómicos y, como estaba totalmente familiarizado con los avances más recientes en óptica, resultaba un candidato obvio para el puesto de director de la *Kunstkammer*. El elector de Sajonia Rodolfo II estaba personalmente interesado en el tema y había realizado sus propios experimentos con lentes y espejos. Siguiendo la tradición de los eruditos polifacéticos del Renacimiento, Brunn produjo una edición alemana de Euclides en 1625, en cuyo prefacio declaró que «la geometría y el estudio de la proporción forman un arte noble y necesario», y alabó a los electores sajones por su mecenazgo de la *Kunstkammer*. Un inventario de la biblioteca de esta progresista institución muestra que contenía obras de Durero, Jamnitzer, Lencker, Lautensack y Hirschvogel, y muchos otros volúmenes sobre perspectiva y geometría.

*

Los dibujos de Lencker y Brunn podrían haber interesado a los electores de Sajonia como inspiración a la hora de crear sus propios *objets d'art* a partir de materiales preciosos y exóticos. Esta tradición de que los aristócratas trabajaran con el torno y otras herramientas especializadas para crear *objets* se consideraba edificante para un espíritu noble. La actividad requería trabajar con la materia, aunque fuera de tipo tan refinado, y esto se consideraba útil para complementar la educación de un príncipe: «la práctica de este arte revela ante los ojos la maravillosa obra de la naturaleza». El entorno cortesano de la *Kunstkammer* de Dresde, con el interés que sentían sus aristócratas por los descubrimientos más recientes de la ciencia, resultaba muy alentador para los eruditos serios, en especial para el estudio de las matemáticas y de la óptica. Los dibujos y el mecanismo de la perspectiva de Brunn se incluyeron entre su amplia colección de instrumentos astronómicos, ópticos y geométricos.



**ARRIBA:** la producción de complejos objetos torneados se convirtió en una actividad manual aceptable entre las clases altas: página de *Recueil d'ouvrages curieux de mathematiques et de mechanique*, de Nicolas Grollier.





**ARRIBA Y DERECHA:** la representación de sólidos platónicos era algo habitual del género.

# CONTRIBUIDORES ALEMANES TARDÍOS

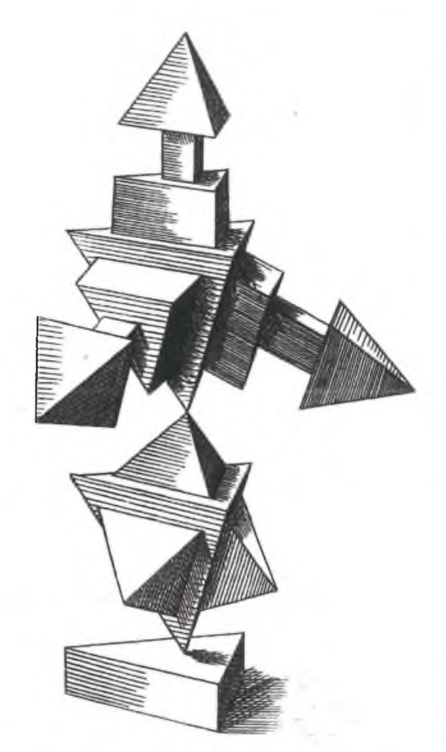
Independientemente de las circunstancias particulares que dieron paso al género de fantasías geométricas imaginativas, este posee unas cualidades que lo convierten en algo único en el arte, aunque hacia finales del siglo XVI la breve moda por la invención geométrica ya se había desvanecido. Los tratados sobre geometría y perspectiva posteriores siguieron incorporando figuras geométricas para demostrar sus teorías, pero en general no fueron tan lejos en su imaginación como antes. Un ejemplo representativo de ello es el volumen de Paul Pfinzing *Extract der Geometriae und Perspectivae*.

Pfinzing nació en el seno de una familia patricia de Núremberg en 1554 y se le conoce sobre todo como cartógrafo, campo en el que fue pionero. Hacia 1583 su imprenta empezó a producir una serie de mapas de Núremberg, muy valorados, y en 1598 publicó una edición limitada, «para los amigos», de su tratado geométrico. El propósito del libro es más claramente didáctico que el de los cuatro artistas tratados anteriormente; se refiere a la geometría de los sólidos regulares, y contiene una serie de estructuras geométricas extrañas junto con los instrumentos técnicos empleados para producir dibujos en perspectiva de ellas. Aunque el efecto general resulta algo incongruente, el libro de Pfinzing tuvo el éxito suficiente como para justificar una segunda edición en 1616, tras la muerte del autor.

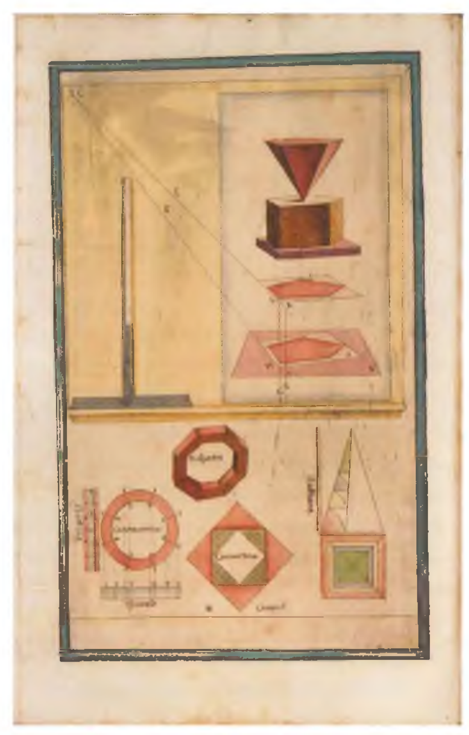
A partir de entonces, al menos entre los autores alemanes, parece ser que se agotó el gusto por una geometría fantasiosa y «con perspectiva», aunque existe una última y misteriosa incursión en el género. En 1625, el cantero Peter Halt produjo un libro titulado *Perspektivische Reiss Kunst* (*El arte del dibujo en perspectiva*, Augsburgo) que estaba claramente dirigido a artesanos: canteros, carpinteros, talladores de madera, etc. Sus dibujos se inspiran en los de Lorenz Stoer, a quien es probable que conociera personalmente. Gran parte de la obra se ocupa de la construcción de figuras geométricas, tanto en el plano como en tres dimensiones. Al parecer, Halt utilizó un «perspectógrafo» de su propia invención como ayuda para sus dibujos, un artilugio parecido al de Lucas Brunn (es probable que ambos se basaran en el modelo de Jamnitzer), pero también hace destacar el papel de la imaginación artística. En cuanto a la parte teórica, Halt ofrece una síntesis de las nociones platónicas de Jamnitzer sobre formas poliédricas como «elementos básicos de construcción» de la realidad, con el énfasis de Lencker sobre el alfabeto. En este esquema equipara las cinco vocales con los cinco sólidos regulares, que ilustra con orgullo en la página de título. Mediante el uso de una analogía un tanto artificiosa, explica que resulta esencial estar familiarizado con los poliedros regulares básicos para la creación de formas tridimensionales, en cualquier

medio, del mismo modo que un conocimiento de las vocales es esencial para la comprensión del lenguaje. Se trata de un concepto que concuerda con las ideas pitagórico-platónicas de Jamnitzer y de sus seguidores. Los dibujos de Peter Halt no son tan decisivos ni imaginativos como los de Jamnitzer, pero siguen la tradición de la geometría caprichosa y poseen sin duda cierta originalidad.

Así pues, sesenta años después de la publicación de la *Perspectiva corporum regularium* de Jamnitzer, casi exactamente cien años después de *Underweysung der Messung* de Durero, la obra de Peter Halt concluye este género del dibujo geométrico en el arte alemán, en cierto modo ignorado. En términos de historia del arte, este estilo gozó ciertamente de un breve florecimiento; pero observando estas formas desde el punto de vista actual, parece probable que su calidad abstracta y escultórica tenga más sentido artístico ahora que en cualquier época transcurrida desde su creación.



**ARRIBA:** ingeniosa figura geométrica de *Perspektivische Reiss Kunst* de Peter Halt, publicado en Augsburgo en 1625.



**ARRIBA:** diagrama de una producción de Pfinzing, *Extract der Geometriae und Perspectivae*, publicada en Núremberg en 1598.

# PAUL PFINZING



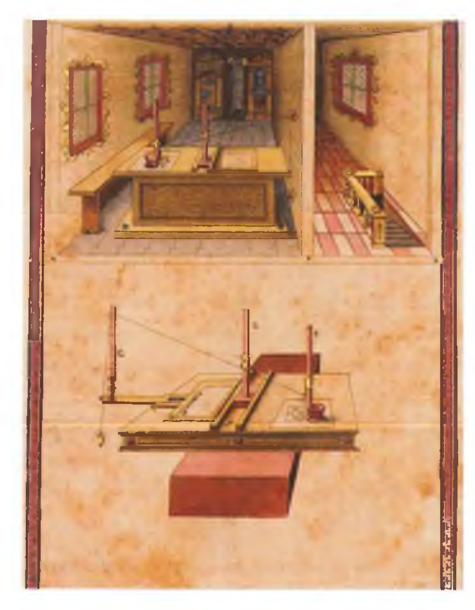
**ARRIBA:** Paul Pfinzing (1554-1599).

Pfinzing fue impresor, editor y cartógrafo, aunque su fama se debe a los mapas de Núremberg y su región que publicó sobre la década de 1580. La cartografía se había hecho popular, hasta llegar a convertirse casi en manía, durante el siglo XVI, cuando aficionados de gran talento se unieron a las filas de topógrafos y cartógrafos profesionales; Pfinzing fue un ejemplo destacado de los primeros.

En 1598, hacia el final de su vida, el artista compuso un tratado sobre geometría y perspectiva algo fragmentado, en una edición reducida «para los amigos». Su obra era una producción más didáctica que las de Jamnitzer y sus inmediatos seguidores, y presentaba varias estructuras geométricas junto con las herramientas de su otra gran pasión: la cartografía. En ella se pueden observar instrumentos de dibujo, medición y agrimensura.

El enfoque de Pfinzing hacia la cartografía era innovador y eminentemente práctico. Diseñó unos podómetros para que unos ayudantes los emplearan tanto yendo a pie como en carros tirados por un caballo, para determinar con exactitud la distancia recorrida en sus numerosas misiones de agrimensura.

Publicó los resultados de su labor en su propia imprenta de Núremberg, en forma de un magnífico atlas de veintiocho páginas sobre la región de Núremberg, que contenía unos treinta y cuatro mapas



**ARRIBA:** mesa de agrimensura y perspectiva de Paul Pfinzing.

8 ALbrecht Dürer der Kunſtreiche/ hat in dieſen Perſpectiu ſachen / ſovtel erfunden / daß er im Endt ſeines Buchs einen leichten vnnd geringen Weg Perſpectiuam auffzureiſſen anzeigt.

Iſt alſo geſchaffen : Er ſetzt jhme ein geviertes Rohm / mit einem Thürlein / welches ſich auff vnnd zu thun kan / auff einen Tiſch / ſchraubt ſolches an / damit es nicht weichen kan / vnd dann hefft er mit Wachs an das Thürlein ein Bogen Pappir A.

Ferner reiſt er eine Geometriam auff / vnd legt ſolche hinder das Rohm nider B. vnnd hefft ſolche auch mit Wachs auff.

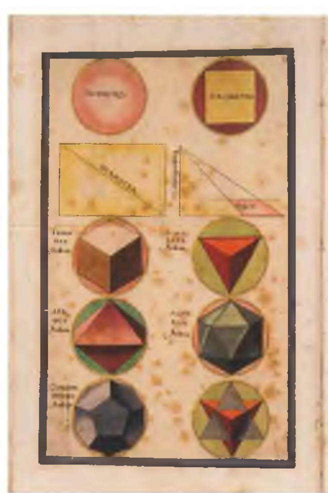
Nimbt alls dann ein lange Saiden / daran bindt er ein klein gewicht / vnnd am andern Endt / faſt er einen Stefft an / vnnd macht jhm gegen dem Tiſch ein ſchrauben inn die Wandt / daran legt er die Saiden / vnnd nimbt den Stefft / thut ſolchen durch das Rohm / vnnd ſetzt denſelben auff einen Punct inn der Geometria / den er im Perſpectiu wiſſen vnnd haben will / leſt jhme ſolchen Stefft auff den Puncten vnuerruckt ſtill halten.

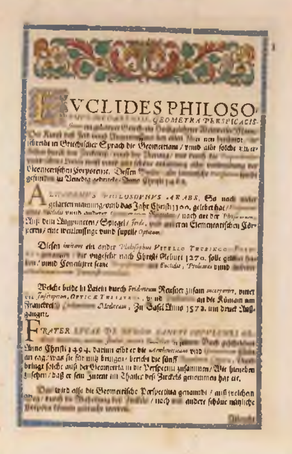
VNnd hat oben inn beyden Winckeln deß Rohms zwen lange feden / die ſchrencke er kreutzweiß vbereinander / das die Saiden im kreutz eingefangen iſt / dann hefft er die beyde feden mit Wachs an / daß ſie vnuerruckt das kreutz behalten / vnd bleiben müſſen / volgends leſt er die Saiden zu ruck auß dem Rohm gehen / leſt als dann das Thürlein inns Rohm zugehen / vnnd ſticht das kreutz am faden auff ſeinem Pappir ab / alſo findt er ſeinen Perſpectiu Punct : Wann er nun den grundt inns Perſpectiu gelegt hat / vnnd das Corpus auffziehen will / ſo hefft er die Saiden ſo viel höcher an dem Stefft auff / vnnd handelt mit dem Auffzug gleich als zuuor. Da er nun die Puncten alſo hat / ſo hebt er das Thürlein ab / vnnd zeugt die Puncten mit geraden Linien zuſammen / ſo find er das Corpus oder was er zuwercken vor hat.

ES bericht Albrecht Dürer noch eine Art Perſpectiuam auffzureiſſen / das iſt / wie man auß dem Geſicht / durch ein Glaß von der Handt abzeichnen ſoll / es gehört aber allein vor dieſe / die in der Mahler Kunſt ſchon Meiſter / vnnd von der Handt wol reiſſen vnnd ſtellen können.

Wen-



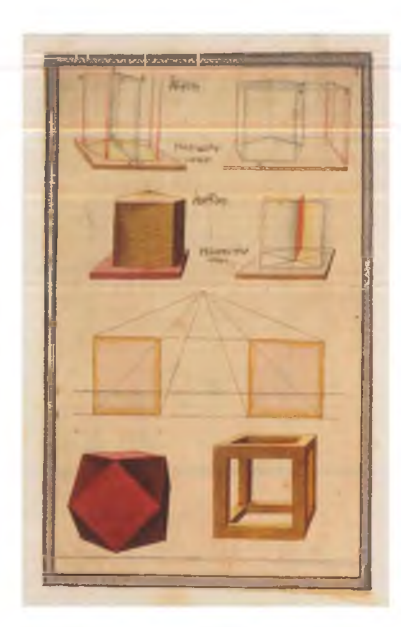



EVCLIDES PHILOSO

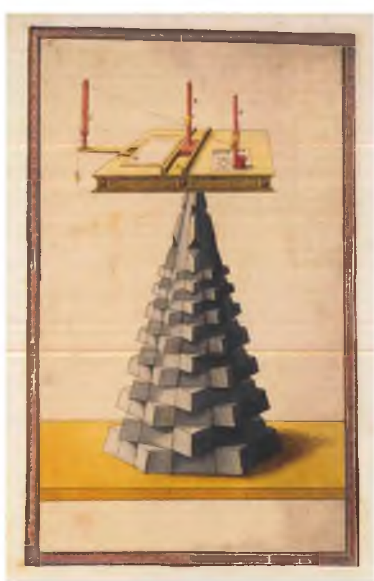
GEOMETRA PERSPICACIS-

**ARRIBA E IZQUIERDA:** ilustración de la temprana producción de Paul Pfinzing *Extract der Geometriae und Perspectivae*, Núremberg, 1598.

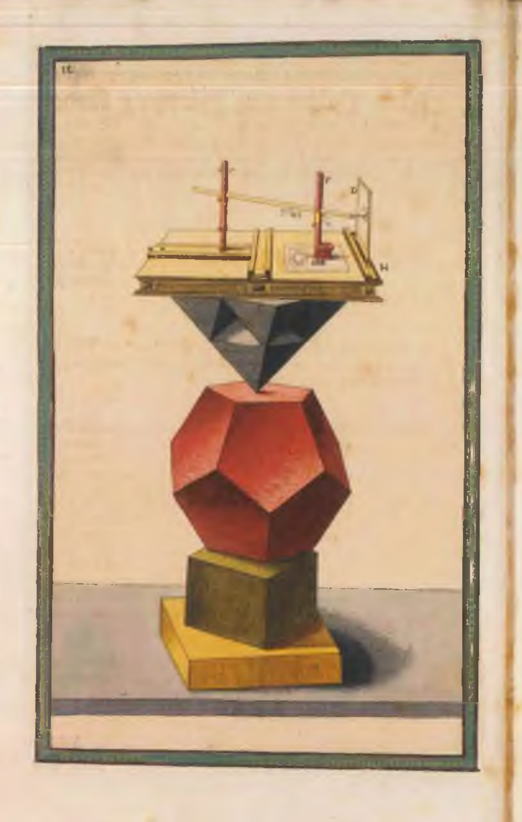
**DERECHA:** ilustraciones de *Extract der Geometriae und Perspectivae*, de Paul Pfinzing, publicada póstumamente, donde se pueden ver los instrumentos técnicos que empleó para medir y producir sus dibujos en perspectiva.











**HAns Haiden von Nürnberg Anno** 
1590. Der bringt dieſen Weg an Tag Perſpectiu auß der Geometria auffzuziehen / Er legt ſeine Geometriam auff den Tiſch / vnd nimbt das Inſtrument C. ſchraubt es ein / vnnd legt ein lang Linial vornen mit einem meſſen Stefftlein / welches durch das Inſtrument C. vnnd vber das Tiſchlein reicht / darein.

Vnd hat noch ein Inſtrument G. welchs zuuor mit F. gemerckt / ſo vnten ein klein Stefftlein hat / vnd an einer runden Büchſen / welche mit bley außgoſſen / eingericht iſt: dardurch leſt er das Linial auff einem daran gemachten Schieberlein / das er hoch vnd nider richten kan / gehen.

Als dann hengt er an ein auffgeſchraubte leiſten H. auff das Tiſchlein gegen dem Linial ſpitzlein / ein Thürlein / welches ſich auff vnnd nider legen kan / darauff er ſein Pappier anhefft.

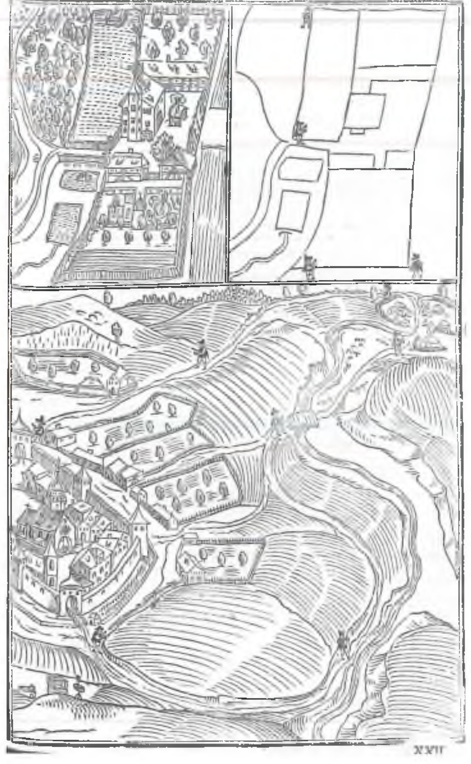
WAnn er nun ſeinen Zeug alſo beyſammen hat / So legt er die Geometriam auff das Tiſchlein vor das angehenckte Thürlein D. vnd nimbt das Inſtrument G. mit der außgegoſſenen bleyen Büchſen ſetzt daſſelbe daran geſchraubte Stefftlein auff den Punct der Geometriae / hebt das Thürlein in die höch / vnnd leſt das Linial gegen dem Pappir deß Thürleins anſchieſſen (dann das Linial ligt in beyden Inſtrumenten G. vnnd C. frey) ſo findt er ſeinen Perſpectiu Puncten: wann er nun den Perſpectiu grundt alſo gefunden hat / ſo ruckt er den ſchub an dem Inſtrument G. ſo hoch er das Corpus haben will: Weil nun das Linial vmb ſouiel höcher ligt / ſo Punctirt es den Auffzug gleicher geſtallt auch ab / das iſt alſo zuuerſtehen / er leſt das Linial den Horizont ſein / bringt alsbald durch ſolche Horizont Lini den Punct der Perſpectiu darauff auß. Iſt ein geſchwinder Weg / der nicht beſſer noch geſchwinder mit weniger mühe mag erfunden werden.

Wer nun der vorbeſchriebnen vnterſchiedlichen bericht nach / den Cubum in die Perſpectiu kan auffziehen / der wirdt ſich inn die runden Corpora / wo er dieſelben hoch oder nider im auffzug ſetzen ſoll / ſelbſten zufinden wiſſen. Nach des Hans Lenckers berichts / folio 7.

D LAV.

DERECHA: Paul Pfinzing trabajando en su mesa de dibujo; de su *Extract der Geometriae und Perspectivae*, 1598.



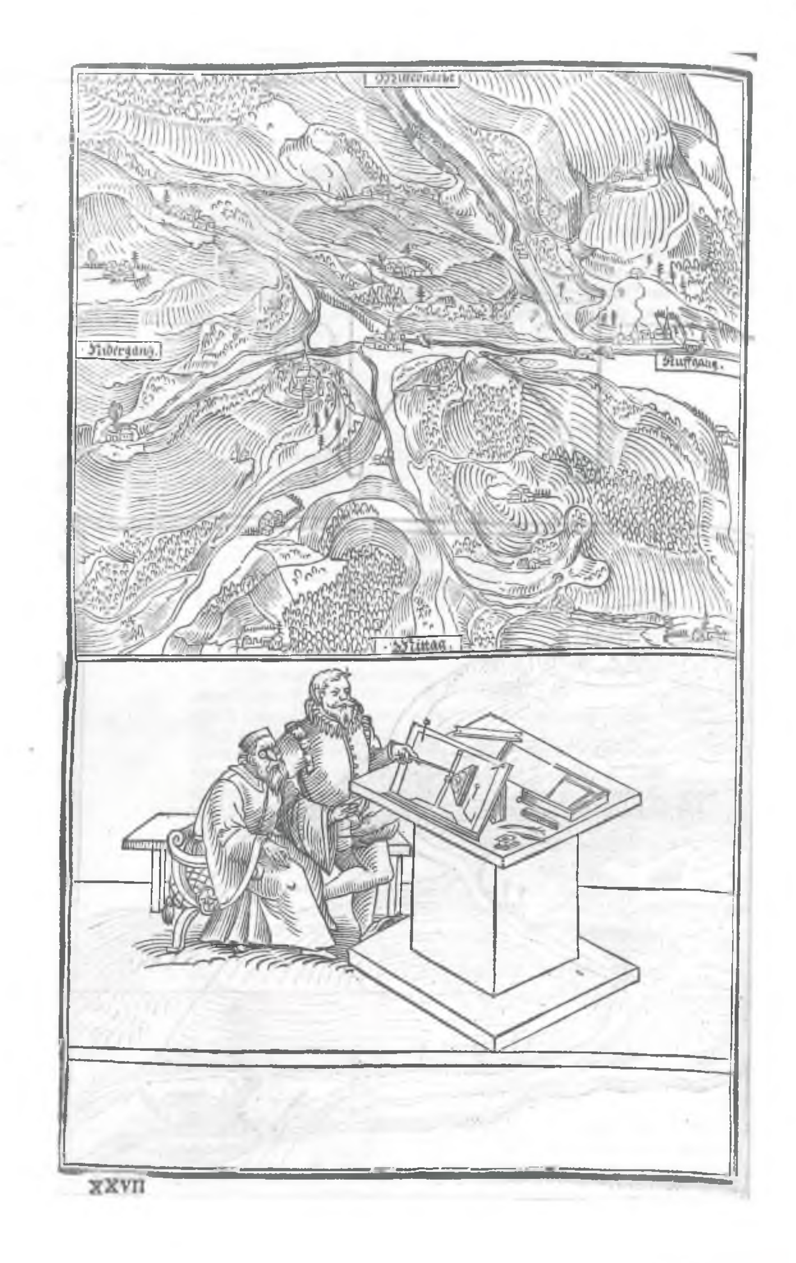


**ARRIBA:** Pfinzing (1554-1599) fue un impresor y editor que debe su fama a la fantástica serie de mapas de Núremberg y de la región que realizó en la década de 1580. Como cartógrafo fue innovador y muy práctico, un aficionado de notable talento.

**PÁGINA SIGUIENTE:** el topógrafo explica su plancheta a un observador. En este caso la plancheta tiene un visor móvil sobre el que van montados un compás magnético y una escala; de *Extract der Geometriae und Perspectivae*, 1598.

bellamente ilustrados y que presentó en su ciudad natal en 1594. Actualmente se lo considera un libro clásico de anticuario.

Su *Perspectivische Reiss Kunst* es una auténtica proeza del arte geométrico y contiene alrededor de 170 dibujos de figuras geométricas. Muchos de ellos son similares a los de Jamnitzer, Stoer y Lencker, y el autor sigue el esquema propuesto por Jamnitzer, que equipara los cinco sólidos regulares platónicos con las cinco vocales, aunque exhibe una inconfundible originalidad dentro de este género más bien limitado. Si llegó a transcribir alguna de sus invenciones artísticas en piedra, estas por desgracia no han sobrevivido.


Nidergang.
Auffgang.
Mittag.
XXVII

# PETER HALT (fl.1629-1653)

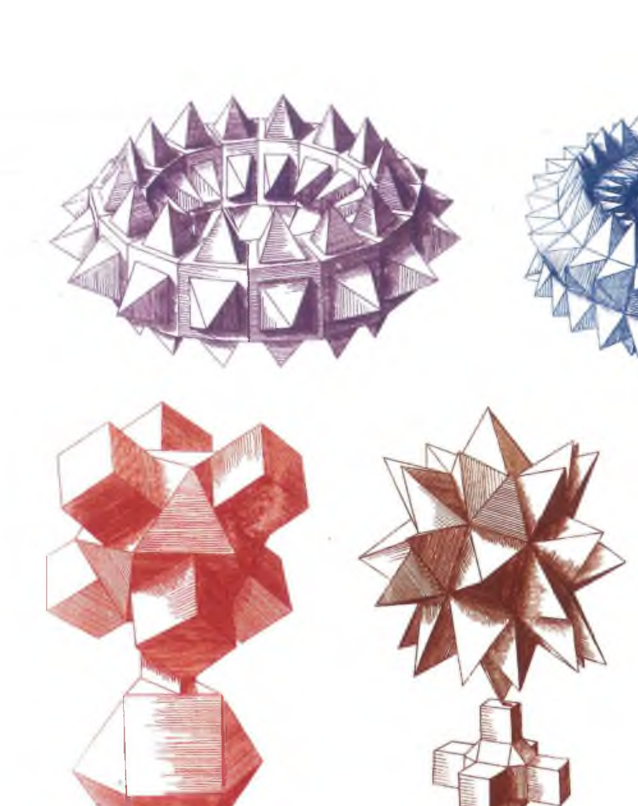
Poco se sabe de este artista y artesano aparte de que era cantero de oficio y que trabajó como arquitecto en Schorndorf. *Perspektivische Reiss Kunst*, su única obra del género, muestra claras influencias de Jamnitzer. También es probable que conociera a Lorenz Stoer personalmente, puesto que ambos vivieron en Augsburgo a principios de la década de 1600. En 1626 Halt produjo una breve y extraña obra, *Drey wichtige newe Kunststück in underschidlichen perspectivischen Instrumenten inventiert und erfunden*, que contenía poco más que una descripción detallada de dos aparatos de dibujo de invención propia.

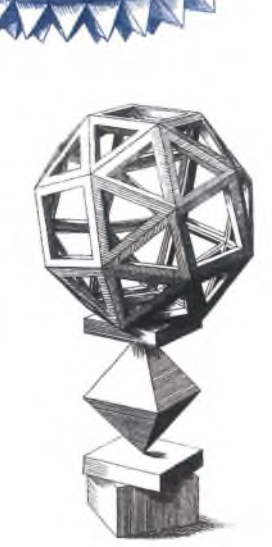
Su *Perspektivische Reiss Kunst* es un auténtico *tour de force* del tema geométrico y contiene unos 170 dibujos de figuras geométricas. Muchas de ellas son similares a las realizadas por Jamnitzer, Stoer y Lencker; sigue al primero en su propuesta de equiparar los cinco sólidos platónicos con las cinco vocales, pero dentro de este limitado género muestra una clara originalidad. Si pasó alguna de sus invenciones artísticas a otro medio, por desgracia no se han conservado.





**ARRIBA Y DERECHA:** dos variantes de figuras cónicas. Está claro que Peter Halt se inspiró en Wenzel Jamnitzer, pero su entusiasmo y creatividad se ponen de manifiesto en la cantidad de dibujos que produjo sobre este género. Su *Perspektivische Reiss Kunst*, publicado en Augsburgo en 1625, contiene más de 170 figuras.








**IZQUIERDA:** detalle de la página del título de *Perspektivische Reiss Kunst* de Peter Halt (Augsburgo, 1625), donde equipara los cinco sólidos platónicos regulares con las cinco vocales.

**HILERA SUPERIOR:** figuras de *mazzocchio* de *Perspektivische Reiss Kunst* de Halt.

**HILERA CENTRAL:** más ejemplos de dibujos del cantero Peter Halt; de su *Perspektivische Reiss Kunst*.

# JOHANNES KEPLER: MATEMÁTICO CELESTIAL

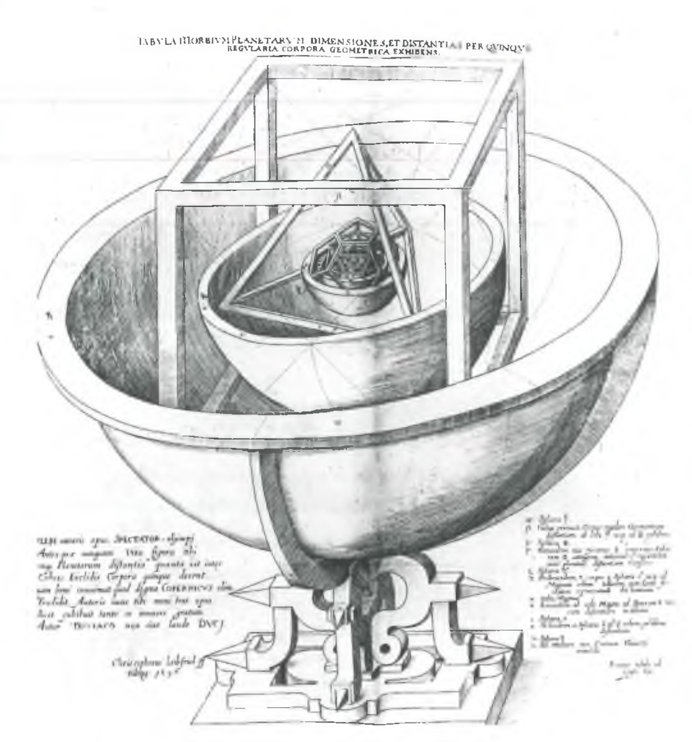
Johannes Kepler (1571-1630) nació en modestas circunstancias en una pequeña población de Suabia, al sur de Alemania. Otro genio brillante y precoz, ya en la escuela local destacó por su aptitud por las matemáticas, lo que hizo que se le admitiera en un seminario y posteriormente en la Universidad de Tubinga. Allí Kepler se encontró por primera vez con el extraordinario modelo radical de Copérnico sobre un sistema heliocéntrico, que rápidamente aceptó.



**ARRIBA:** Johannes Kepler (1571-1630).

Desde entonces, su misión a lo largo de toda su vida fue investigar la naturaleza física de los planetas, su interrelación y el carácter matemático de sus órbitas alrededor del Sol. Sus primeras ideas sobre este proyecto extraordinariamente ambicioso se publicaron en *Mysterium cosmographicum* (*El misterio del cosmos*, 1596). Escrito cuando tenía poco más de veinte años, ahora es famoso por ser la primera confirmación de la teoría heliocéntrica de Copérnico. En esta obra Kepler proponía un esquema geométrico para las órbitas de los seis planetas que entonces se conocían. Durante su carrera estuvo influido por el concepto platónico de que tras el mundo de las apariencias físicas hay otro arquetípico de formas e ideas. Esto y su compromiso con la teología protestante, le llevó a creer que la geometría era «coeterna con la mente de Dios». En *Mysterium* expone lo que en su opinión era el orden de esta geometría divina.

Los primeros intentos de Kepler por descubrir un esquema geométrico que explicara las órbitas observables de los planetas consistieron en varias distribuciones de polígonos dentro de círculos que los circunscribían. Cuando este modelo demostró ser insatisfactorio, estudió los «nidos» de poliedros, es decir, unos dentro de otros, para encontrar un modelo convincente de geometría subyacente en el universo. Pero en última instancia no pudo hacer






La búsqueda de Johannes Kepler de la relación entre órbitas planetarias le llevó a investigar modelos cosmológicos basados en los cinco sólidos platónicos. Intentó ajustar los datos planetarios observados en distintas combinaciones de «nidos» de poliedros regulares.

**IZQUIERDA:** Kepler colocó un octaedro entre las órbitas de Mercurio y Venus, un icosaedro entre Venus y la Tierra, un dodecaedro entre la Tierra y Marte, un tetraedro entre Marte y Júpiter, y un cubo entre Júpiter y Saturno.

**ARRIBA:** primer plano de la sección interna de este esquema. Kepler presentó este modelo cosmológico en su *Mysterium cosmographicum* de 1596.

encajar los datos con la teoría y este imaginativo esquema también fracasó.

En 1610 Galileo publicó su descubrimiento de las lunas de Júpiter, algo que causó gran impresión en Kepler y le inspiró en su estudio sobre las propiedades de las lentes (publicado en 1611 con el título de *Dioptrice*). En él presentó su idea para un tipo de telescopio más avanzado que empleaba dos lentes convexas; este resultó ser un diseño de gran éxito que pronto logró una aceptación universal. También en 1611 Kepler produjo un fascinante ensayo titulado *Strena seu de nive sexangula (El copo de nieve de seis lados)*, donde una reflexión sobre la simetría hexagonal de los cristales de nieve le llevó a considerar distintas distribuciones de empaquetamientos bidimensionales y tridimensionales, tanto en la naturaleza como en la teoría matemática. De ello se derivaron una explicación para la estructura de las celdas de un panal de abejas y la especulación de que la disposición hexagonal de esferas sería la que llenaría el espacio de un modo más eficaz; una conjetura que, aunque resulte sorprendente, tuvo que esperar al siglo XXI para ser verificada.

De particular relevancia para nuestro contexto, Kepler hizo un estudio sistemático de los poliedros, clasificándolos por primera vez en cuatro clases y demostrando que estas eran completas. Fue el primero en hacerlo para los trece poliedros convexos de caras uniformes (los llamados sólidos arquimedianos). Dos poliedros importantes, el pequeño dodecaedro

y el gran dodecaedro estrellados, llevan su nombre, aunque en realidad habían sido representados con anterioridad tanto por Uccello como por Jamnitzer. A ellos les dio una descripción matemática cuando se percató de que, técnicamente hablando, eran poliedros *regulares*. También descubrió el dodecaedro rómbico y el triacontaedro rómbico.

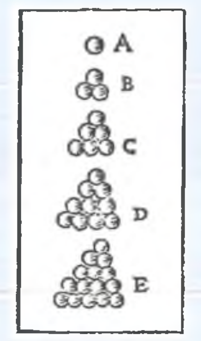
Kepler tenía una mentalidad moderna y era un verdadero científico. Le inspiraba la visión del ideal platónico y nunca abandonó la idea de un universo ordenado. Aunque continuó buscando las relaciones geométricas y numerológicas entre planetas y en otros lugares, solo las aceptaba si encajaban con los fenómenos observables. En *Harmonices mundi* (*La armonía de los mundos*, 1619) presentó sus leyes del movimiento planetario, que siguen vigentes hoy; a los cincuenta años retomó su trabajo con el *Mysterium*, del que publicó una versión muy ampliada en 1621.

Kepler fue otra de las figuras a quien se puede aplicar la expresión «el último de los magos, el primero de los científicos», porque fue un visionario, pero un visionario muy práctico. Siempre guiado por las nociones platónicas de un universo geométricamente armónico y perfectamente estructurado, siguió por este camino hasta un punto casi obsesivo. Sus matemáticas otorgaron una base indiscutible a la teoría heliocéntrica de Copérnico, y solo con ello ya abrió las puertas a nuestra comprensión moderna del funcionamiento del universo.

A pesar de todo ello, merece la pena recordar que aunque asociamos el Renacimiento con el auge del Humanismo, este período también fue el punto álgido de la caza de brujas en Europa. La madre de Kepler fue víctima de este histérico movimiento, y solo se salvó de morir quemada en la hoguera por los valerosos esfuerzos de Kepler por defenderla.

## *STRENA SEU DE NIVE SEXANGULA*

El día de Año Nuevo de 1611 Kepler regaló a un grupo de amigos un breve pero exquisito ensayo sobre *Strena seu de nive sexangula* (*El copo de nieve de seis lados*), donde investiga la geometría de la naturaleza. Hace una reflexión sobre la estructura hexagonal del panal de abejas, el empaquetamiento romboédrico de las semillas de granada, la geometría de las formas de los cristales y la delicada simetría de los propios copos de nieve. También trata los problemas puramente matemáticos referentes a la división regular del espacio: la distribución regular de círculos en el plano y de esferas en el mundo tridimensional. Kepler conocía a la perfección las ideas de los pitagóricos y simpatizaba con su concepto de que el número y la geometría contenían, de algún modo, las verdades definitivas de la realidad y las cualidades estéticas más elevadas. Su proyecto vital fue descubrir este conjunto global de principios divinos que ellos proponían. «Por qué desperdiciar palabras. La geometría existía antes de la Creación, es coeterna con la mente de Dios. Es el mismo Dios».




**ARRIBA:** (B) diagrama de *Strena seu de nive sexangula*, 1611, en el que Kepler investiga los empaquetamientos de la esfera y los relaciona con la formación de cristales, entre ellos el de un copo de nieve, de forma hexagonal.

No obstante, Kepler no prosiguió esta línea de investigación que había presentado en su ensayo, ni tampoco siguió la intuición que le había llevado a asociar la geometría de los empaquetamientos con la estructura de los cristales. Sus instintos eran acertados, pero su genio estaba destinado a revelar los misterios del macrocosmos, no los del microcosmos.

## LA COSMOLOGÍA POLIÉDRICA

Se sabe que los dos astrónomos más importantes del siglo XVI, Tycho Brahe y Johannes Kepler, poseían ejemplares de *Perspectiva corporum regularium* de Jamnitzer, y que a ambos les seducían las nociones cosmológicas que expresaba. Kepler en especial se sintió inspirado por estas ideas a la hora de formar sus propias especulaciones sobre la estructura del universo. Realizó un estudio sistemático de los sólidos platónicos y arquimedianos, e intentó relacionar sus proporciones volumétricas con las distancias de los planetas al Sol. Su descubrimiento de que cada uno de los sólidos platónicos se podía inscribir y circunscribir en el interior de las esferas llevó al famoso modelo de un «nido» de poliedros como representación de las proporciones de las órbitas planetarias.

En su *Mysterium cosmographicum*, de 1596, Kepler intentó explicar las relaciones entre órbitas planetarias en términos geométricos clásicos. En su obra expresó su intención de demostrar que «el mayor y mejor Creador, en su creación del universo móvil y la configuración de los cielos, miró hacia los cinco sólidos regulares, que habían sido tan venerados desde el tiempo de Pitágoras y Platón hasta nuestra época, e integró en la naturaleza de esos sólidos el número de los cielos, sus proporciones y la ley de sus movimientos».

Siguiendo este esquema, Kepler colocó un octaedro entre las órbitas de Mercurio y Venus, un icosaedro entre Venus y la Tierra, un dodecaedro entre la Tierra y Marte, un tetraedro entre Marte y Júpiter, y un cubo entre Júpiter y Saturno. En este momento de su carrera, Kepler estaba tan convencido de que había descubierto la base de una armonía celestial, que siguió con la idea de ampliar este modelo hasta llegar a un «cuenco cósmico» que contendría las simetrías correctas para los distintos poliedros y de los planetas que representaban, algo que nunca llegó a materializarse. Aunque más tarde rechazó el modelo de «nidos» poliédricos, la obra astronómica por la que se hizo famoso (sus tres leyes del movimiento planetario) constituía en esencia una ampliación de estas ideas.




**IZQUIERDA:** el proyecto vital de Kepler fue la investigación del carácter matemático y físico del movimiento de los planetas alrededor del Sol. Sus primeras ideas sobre el tema se basaban en una serie de polígonos regulares inscritos dentro de sus órbitas.

**DERECHA:** ilustración de Kepler de su *Astronomiae pars optica*, de 1604, que representa la estructura del ojo. Se dio cuenta de que este órgano funciona del mismo modo que una *cámara oscura*, un término de su invención.

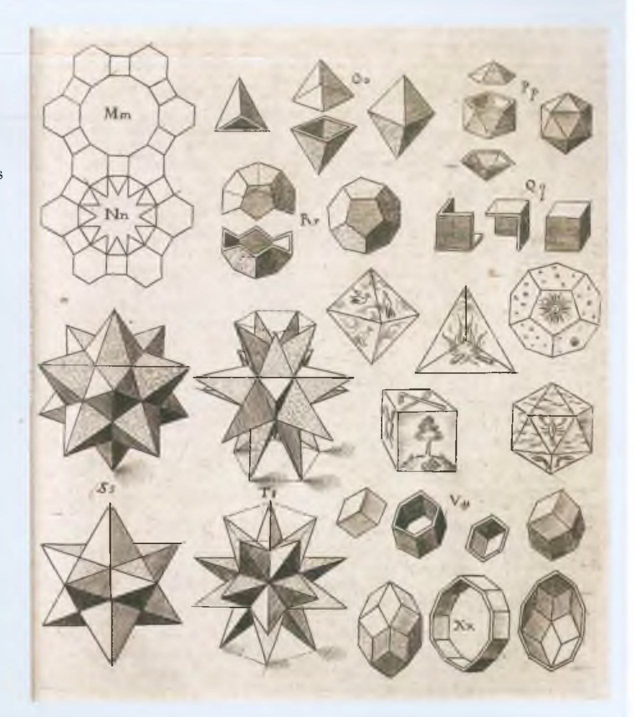


## *HARMONICES MUNDI*

En 1619 Kepler publicó su obra *Harmonices mundi (La armonía de los mundos)*, un libro de tono pitagórico y platónico que trata sobre las simetrías y las armonías de las figuras geométricas y de otros fenómenos físicos. Su fama actual se debe a su casi fortuito anuncio al final del libro sobre su tercera ley de movimiento planetario.

Kepler creía firmemente que el secreto del orden universal se podía encontrar en la geometría, que «la geometría es coeterna con la mente de Dios». El libro empieza con una investigación sobre la geometría del plano y de los poliedros, y reitera la identificación platónica de los cinco sólidos regulares con los cuatro elementos básicos más el cosmos. Siguiendo una línea más convencional, clasifica los poliedros según su regularidad y semirregularidad, y muestra sus grados relativos de congruencia, incluyendo las maneras en que pueden generar duales. También ofrece la primera descripción matemática del pequeño dodecaedro y del gran dodecaedro estrellados.

En *Harmonices* Kepler examina las relaciones armónicas entre los volúmenes de diversos sólidos, de los principios de consonancia musical, y del espaciamiento relativo entre planetas del sistema solar. La consideraba su mejor obra sin duda alguna: «Puedo decir con verdad que cada vez que contemplo en mi mente la belleza del orden, en que una cosa surge de otra y se deriva de otra, es como si hubiera leído un texto divino, escrito en el propio mundo, no con letras sino con objetos esenciales».




**ARRIBA:** Los estudios de Kepler sobre la geometría de los poliedros muestran la identificación platónica de los cinco sólidos regulares con los cuatro elementos básicos además del cosmos: también describen el pequeño dodecaedro estrellado. Creía que el secreto del orden universal se podía encontrar en la geometría(«la geometría es coeterna con la mente de Dios». De *Harmonices mundi*, 1619).

# MOTIVOS GEOMÉTRICOS DE LA TARACEA ALEMANA

Durante el Renacimiento nórdico, la taracea o *intarsia* y los motivos geométricos que se le asocian, así como el uso del trampantojo, se expandieron por Alemania en centros como Núremberg y Augsburgo, donde se hizo inmensamente popular. De hecho, durante un tiempo causó un gran furor, que denominaron *Intarsienmanie*. La taracea alemana empezó en el sur y arraigó en las ciudades donde ya se había establecido el arte del mueble: Augsburgo y Núremberg. Parece ser que los primeros ejemplos, en común con la tradición italiana, los realizaron los monjes como decoración para el mobiliario eclesiástico, aunque poco se conserva de esas obras. Hacia mediados del siglo XVI, los disturbios religiosos que afectaban a esa parte del país hicieron que la Iglesia dejara de realizar encargos; de hecho, las obras de taracea posteriores están claramente destinadas a interiores domésticos y carecen de connotaciones religiosas. Por lo general, los artesanos alemanes que practicaban la taracea se basaban en dibujos de artistas, pero también, igual que sus homólogos italianos, encontraron inspiración en láminas impresas. Maderas exóticas y marfil se usaron ampliamene, y a finales del siglo XVI la invención de una sierra de marquetería sobre un bastidor móvil facilitó la producción. A pesar de ello, este tipo de artesanía pasó de moda en Alemania e Italia.

La taracea alemana no muestra tanto interés por la perspectiva como la italiana, y en ella predominan los patrones planos. Gran parte de esa obra roza el mal gusto, pero los casos donde se sigue un tema geométrico —especialmente adecuado para la taracea— poseen un atractivo propio, como un toque de los años cincuenta.



**ARRIBA:** bargueño de gran tamaño, con paneles y cajones taraceados. Núremberg, siglo XVI.




# V

# *La* CONTINUA INFLUENCIA *de la* GEOMETRÍA

*A partir de mediados del siglo XVII el gusto por la geometría como modo de expresión artística fue decreciendo gradualmente, aunque partes de la afición perduraron en las artes decorativas, en especial el diseño de jardines. Los estudios sobre geometría y perspectiva se integraron en las matemáticas formales. A pesar de ello, durante este mismo período la geometría tridimensional empezó a asumir un nuevo e importante papel en la emergente ciencia de la cristalografía.*

**IZQUIERDA:** la magnífica forma geométrica del jardín renacentista; de Étienne Dupérac, representación a vista de pájaro de los jardines de la Villa de Este, en la ladera occidental de la población de Tívoli, en la región del Lacio, construidos por Pirro Ligorio (h. 1513-1583). Este grabado tuvo una gran influencia en la divulgación de las ideas sobre el jardín renacentista formal en el norte de Europa.

# TRATADOS TARDÍOS SOBRE GEOMETRÍA Y PERSPECTIVA EN ITALIA

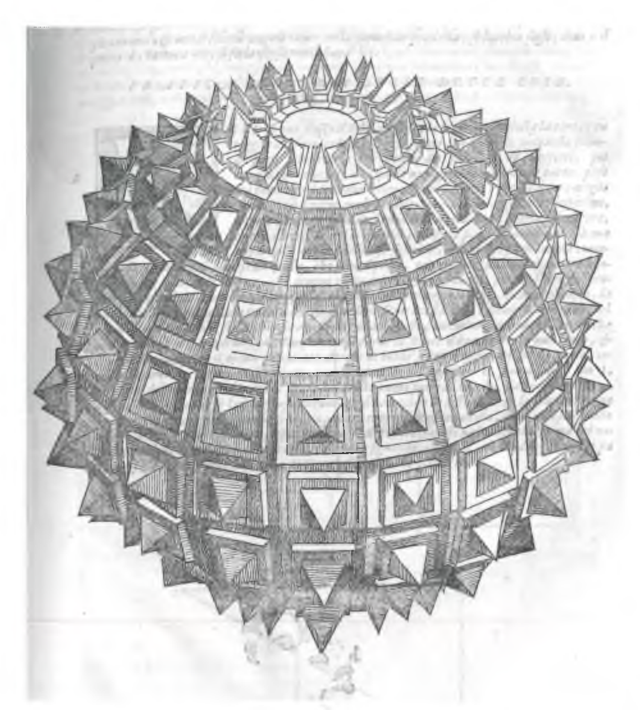
Las influencias artísticas fluyeron libremente durante el Renacimiento; los gustos estéticos y los avances tecnológicos que se originaban en un lado de los Alpes, más tarde o más temprano pasaban al otro, y esas influencias tendían a seguir las rutas comerciales ya establecidas. Venecia, cuyos mercaderes habían trabajado allí desde principios del siglo XIV, mantenía buenos lazos culturales con Núremberg. Por todo ello era natural que la producción de libros, que había surgido y prosperado en Núremberg, se estableciera antes y con mayor éxito en Venecia que en cualquier otro lugar de Italia. Ya a principios de la década de 1500 había docenas de impresores de Núremberg trabajando en Venecia, produciendo libros sobre todo tipo de temas. No obstante, los autores italianos fueron más lentos que sus homólogos alemanes en el campo de la perspectiva teórica. Después de *De Divina Proportione* de Luca Pacioli y Leonardo da Vinci en 1509, no apareció ninguna obra italiana sobre el tema que mostrara figuras regulares tridimensionales hasta *La pratica della perspettiva* de Daniele Barbaro en 1569.

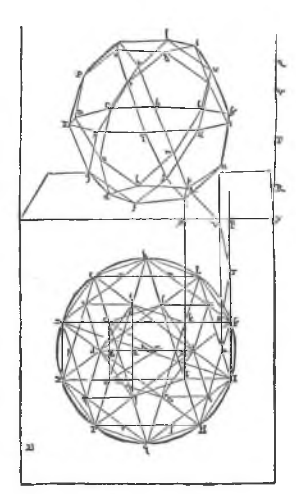
Daniele Barbaro (1513-1570) fue un aristócrata filósofo y matemático, famoso por su traducción y comentario de Vitruvio (para la cual su amigo Andrea Palladio hizo las ilustraciones; *véanse* las págs. 100 y 195). En su libro sobre perspectiva intenta hacer una concienzuda y completa exposición del tema, tratando cada uno de los aspectos ya comentados por teóricos alemanes, incluyendo un sustancial apartado sobre los sólidos regulares y semirregulares para el cual aporta «redes» y vistas en perspectiva. También contiene descripciones y dibujos de algunas figuras estrelladas, y la figura básica de los tratados sobre geometría y perspectiva, el *mazzocchio*, además de algunas variantes. El libro de Barbaro tiene un tono serio y didáctico, y hace especial hincapié en las explicaciones matemáticas, pero se permite algún que otro toque de fantasía geométrica con una curiosa esfera acorazada, posiblemente inspirada por un dibujo de Uccello.

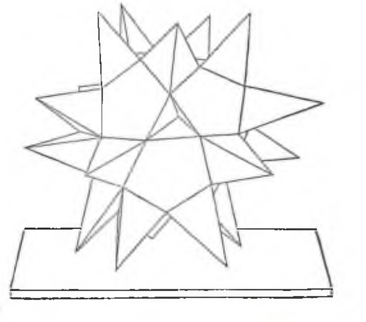
Después de esta obra parece que el interés por el tema se redujo de nuevo; no aparecieron cuerpos geométricos en forma impresa en Italia hasta casi treinta años después, con *La pratica di prospettiva* (*La práctica de la perspectiva*, Venecia, 1596) de Lorenzo Sirigatti (1596-1625). La obra de Sirigatti, comparada con la de Barbaro, es más superficial en cuanto a la teoría de la perspectiva, pero presenta una serie de buenos dibujos de figuras regulares sólidas y «en esqueleto», más una serie de enigmáticas variaciones de cuerpos esféricos y del *mazzocchio*. Muchas de estas últimas figuras tienen el mismo aspecto puntiagudo y acorazado que la esfera de Barbaro. Sirigatti

concluye su colección con dos ensamblajes de formas geométricas, muy en el estilo de Jamnitzer y Stoer, pero estos son casi la ronda final del subgénero de la geometría fantástica en Italia.

Pietro di Fabrizio Accolti (1579-1642), que también era arquitecto, usó figuras geométricas en su *Prospettiva pratica* (*Perspectiva práctica*, Florencia, 1625), pero su competente producción destaca más la teoría y las ilustraciones son puramente de interés didáctico. Mario Bettini (1582-1657), un jesuita italiano filósofo, matemático y astrónomo, produjo varias obras matemáticas importantes, entre ellas *Aerarium philosophiae mathematicae* (*Un tesoro de filosofía matemática*, Roma, 1648), que en esencia es una enciclopedia de curiosidades matemáticas. En ella se presentan varias figuras regulares y sus redes en un formato atractivo, pero de nuevo la intención es puramente didáctica.

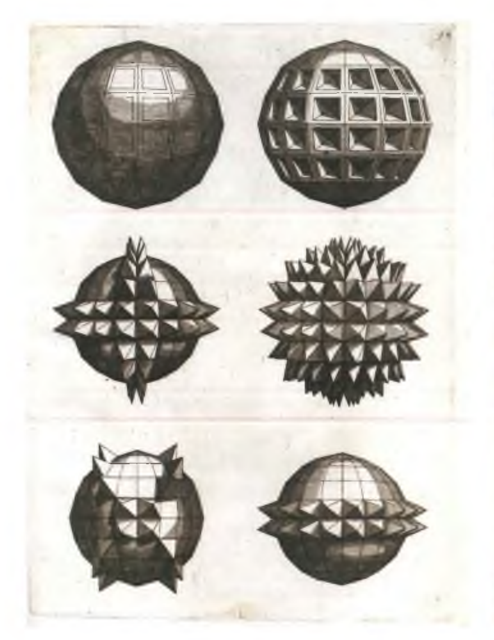


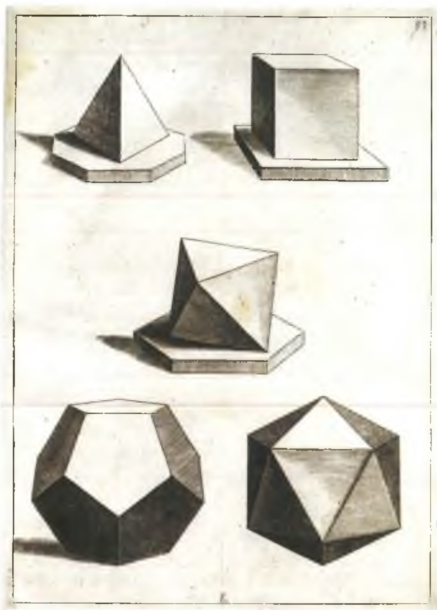


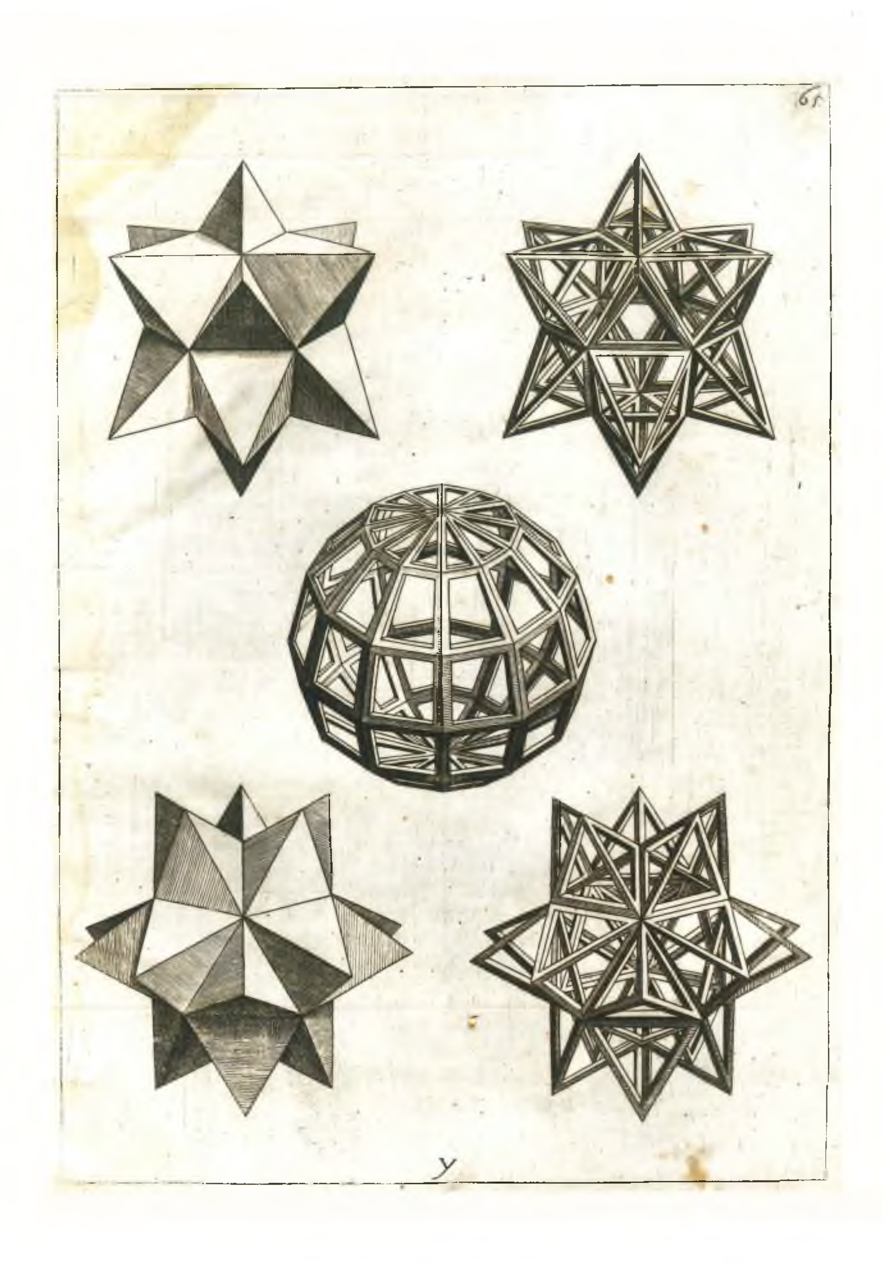


Poliedros y figura esférica estrellada, que recuerda una ilustración de Uccello; de *La pratica della perspettiva* de Daniele Barbaro, Venecia, 1569. Aristócrata veneciano, diplomático y cardenal, Barbaro es bien conocido por la traducción que hizo de los diez libros de Vitruvio, *De architectura*, para la cual Palladio realizó las ilustraciones.

**ABAJO Y DERECHA:** páginas de *La pratica di prospettiva* de Lorenzo Sirigatti, Venecia, 1596.
Sirigatti fue un matemático florentino del que se sabe enseñó en Bolonia. Su obra sobre perspectiva fue muy popular y tuvo once ediciones. No obstante, al igual que las obras de Jamnitzer y Lencker, no es realmente aclaratoria, aunque impresionó a Galileo, de quien se dice la leyó antes de su publicación. Es posible que las convincentes imágenes de Sirigatti de esferas sombreadas inspiraran los dibujos de Galileo sobre la superficie lunar. Aunque existen pocos detalles biográficos, se cree que el papa Sixto V le nombró obispo «por sus muchos logros dignos de elogio».

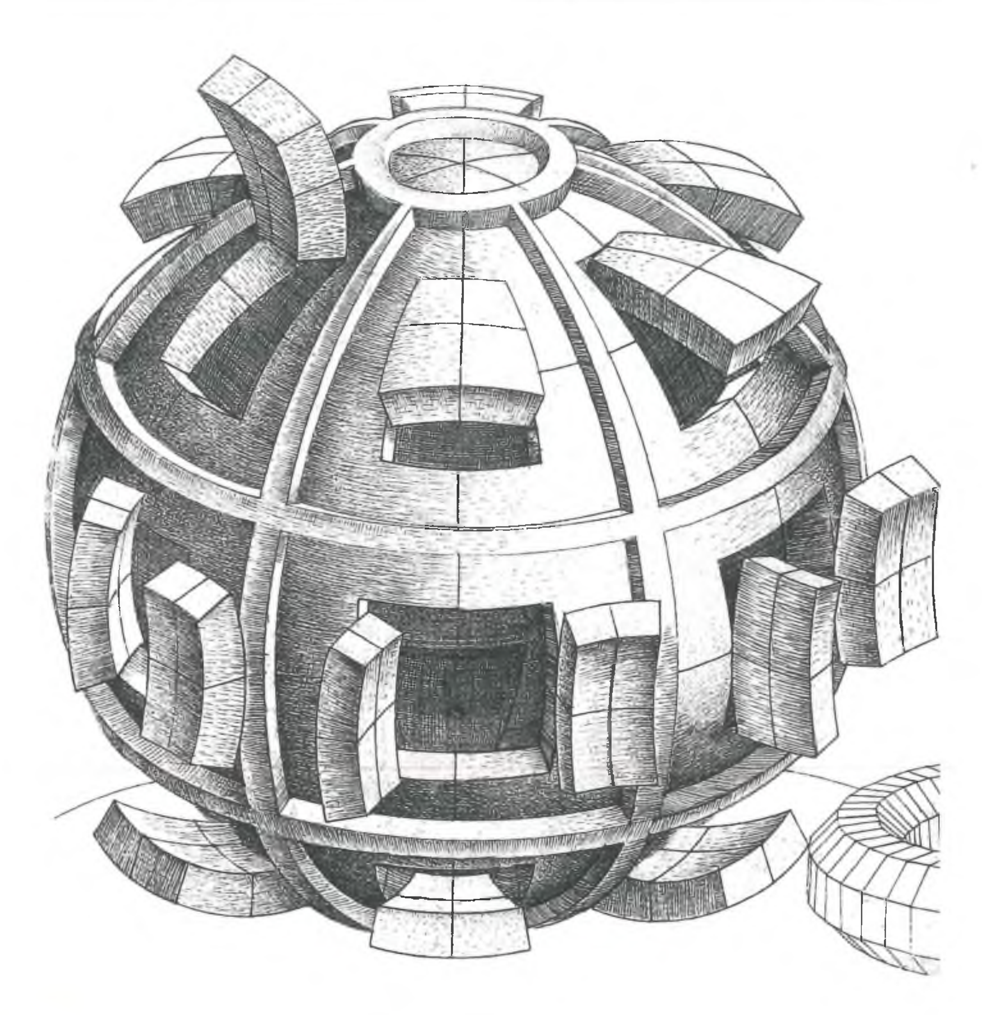


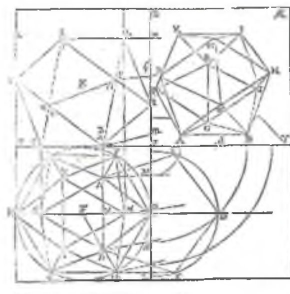


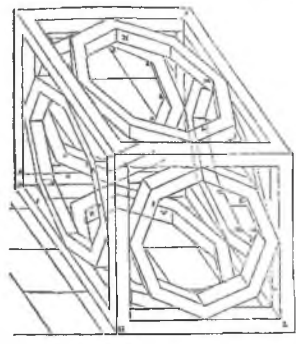

65
y

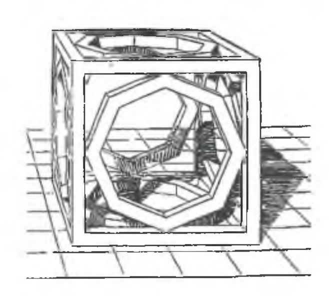
**ABAJO**: de un grabado, posiblemente de Martino da Udine (1470-1548).

No está clara la fuente ni la intención artística de estos extraños dibujos, que llevan el monograma «P.P.». Poseen una afinidad con ciertos bosquejos de Uccello, Barbaro y Leonardo, y demuestran claramente una habilidad y familiaridad con las reglas de la perspectiva; por lo demás, se sabe poca cosa sobre ellos. Arthur M. Hind sugirió que el monograma «P.P.» podría corresponder a Martino da Udine, quien, según el historiador del arte Georg K. Nagler, trabajó en Ferrara y Udine. Si fuera así, otros ejemplos similares de la obra de este artista no han sobrevivido o se desconocen.

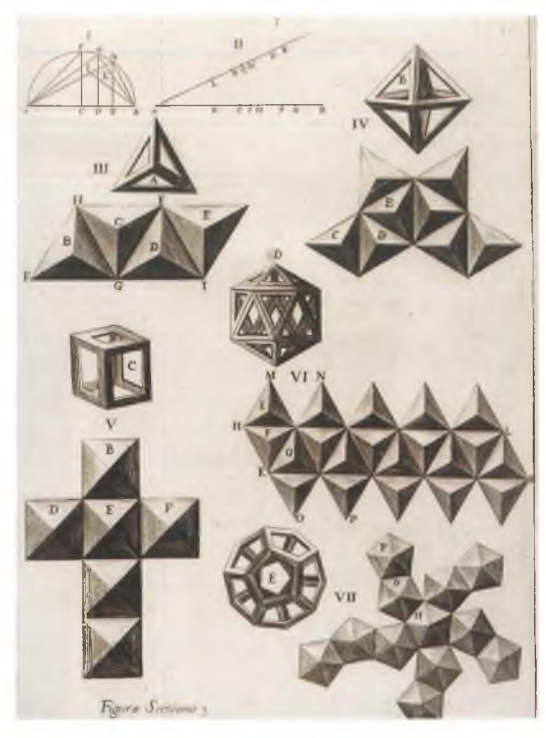








**ARRIBA:** dibujos de *Prospettiva pratica* de Pietro di Fabrizio Accolti, Florencia, 1625.

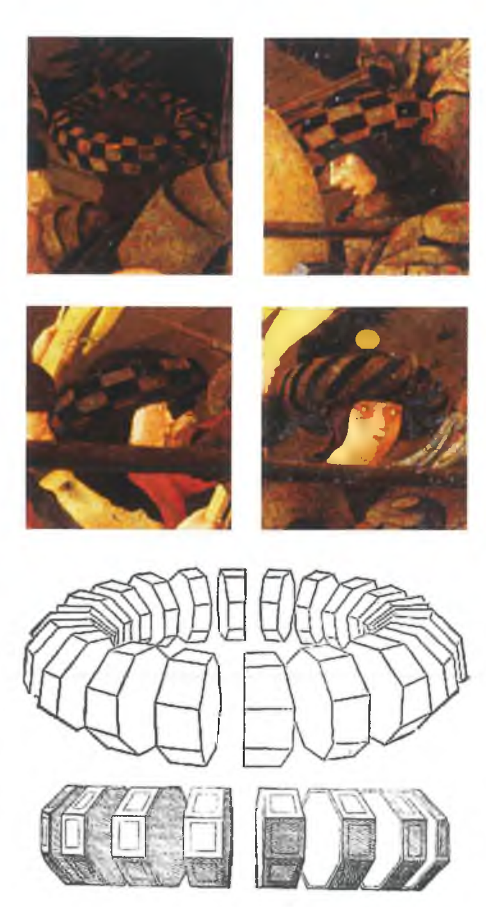



**ARRIBA:** una página de *Aerarium philosophiae mathematicae* de Mario Bettini, de 1648, mostrando redes de poliedros. Bettini fue un influyente jesuita filósofo, matemático y astrónomo.

# EL *MAZZOCCHIO*

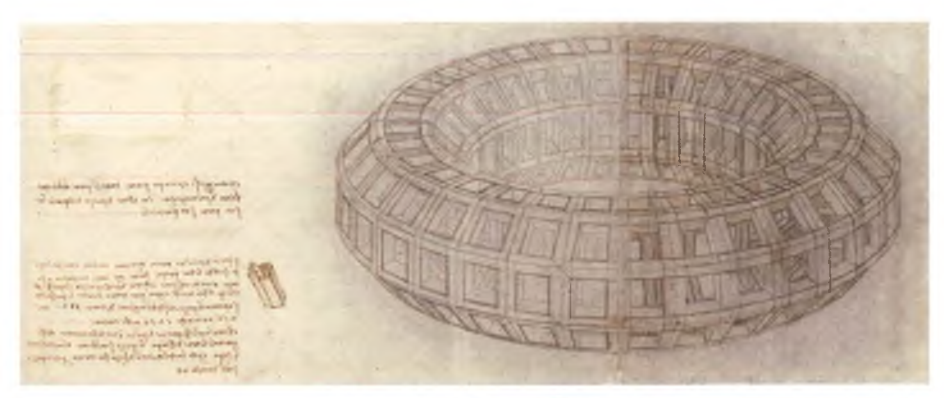
El *mazzocchio* era originalmente un sombrero, basado en modelos medievales, que se hizo popular en la Florencia de mediados del siglo XV. Este extravagante artículo de moda, o más bien el armazón de mimbre que lo sostenía, se adoptó como tema básico en los tratados sobre geometría y perspectiva por su complicada estructura toroidal. Fue la única forma que no provenía de la geometría clásica.

Uccello pintó varias versiones del sombrero florentino en *El Diluvio y la retirada de las aguas* y en los tres paneles de *La batalla de San Romano* (donde Niccolò da Mauruzi da Tolentino, el personaje principal, lleva el sombrero). Leonardo da Vinci hizo varios dibujos de este objeto en sus cuadernos, y también aparece en los libros de Wenzel Jamnitzer y Johannes Lencker. Daniele Barbaro presenta una serie de variantes en su tratado sobre perspectiva, en *La pratica della perspettiva*, como Lorenzo Sirigatti.



**ARRIBA, DERECHA:** el *mazzocchio* como detalle característico de la pintura de Uccello.

**DERECHA:** figuras de *mazzocchio* de *La pratica della perspettiva* de Daniele Barbaro, Venecia, 1569.









**ARRIBA:** intrincado dibujo de un *mazzocchio* deLeonardo da Vinci; de su libro de bocetos *Códice Atlántico*.

**CENTRO:** dos variaciones estrelladas de un *mazzocchio*, por Wenzel Jamnitzer; de su *Perspectiva corporum regularium*, Núremberg, 1568.

**IZQUIERDA:** versión de Lorenzo Sirigatti de un *mazzocchio*; de *La pratica di prospettiva*, Venecia, 1596.

# GEOMETRÍA ESOTÉRICA, ARCANA Y OCULTA

Algo hay de cierto en la percepción de que el Renacimiento, con su programa humanista de renovación cívica y espiritual, acabó con la superstición medieval a favor de un resurgimiento de las filosofías más racionales de la Antigüedad clásica. Pero esta alegación, que en todo caso algo tiene de mito autocreado, posee otra consideración. Los griegos clásicos no fueron los únicos manuscritos que se tradujeron en la Academia Florentina de Marsilio Ficino. Este también tradujo al latín el *Corpus hermeticum*, un compendio que incluía textos sobre magia, astrología y alquimia, al que se le supuso un origen en el antiguo Egipto, y se le otorgó el mismo grado de respeto que a las obras clásicas de los filósofos griegos. De hecho, en la mente de muchos de los seguidores de la Academia, estos documentos poseían la misma autoridad que los de Platón y Aristóteles, y su antigüedad era tal vez mayor.

En realidad, la literatura hermética constituía toda una mescolanza de enseñanzas —solo en parte derivadas de fuentes antiguas— que se recopilaron en el mundo helenístico de los siglos II y III a. C.



**ARRIBA:** *Rafael oder Arzt-Engel* (Rafael, el médico-ángel) de Abraham von Franckenberg, 1639. Franckenberg fue un médico y poeta de Silesia. Era seguidor del místico Jakob Böhme e inició un movimiento gnóstico y rosacruz.






**IZQUIERDA Y ARRIBA:** dos de los sellos mágicos de John Dee. Dee fue un conocido erudito isabelino, matemático y astrónomo, además de confidente de la reina Isabel I de Inglaterra. También estuvo inmerso en la magia hermética y la versión de Marsilio Ficino del neoplatonismo, y no hizo distinción alguna entre estas disciplinas.

La colección de pequeños libros que comprende el *Corpus* fue aceptada como las revelaciones del sabio Hermes Trimegisto*; pero, de hecho, estos diálogos abarcan una amplia serie de creencias, no todas ellas congruentes, que van desde lo más elevado y espiritual a lo oculto y mágico. A pesar de ello, Marsilio Ficino y los miembros de su Academia Platónica aceptaron la obra completa como auténtica, y a través de este canal entraron en el apasionado mundo del ocultismo europeo. Esto se entiende mejor si pensamos que los miembros de la Academia Platónica de Marsilio Ficino se consideraban a sí mismos un grupo esencialmente elitista y secreto que había decidido adquirir un conocimiento esotérico, muchos aspectos del cual la Iglesia consideraba totalmente heréticos, si no positivamente satánicos. Después de todo, el propio san Agustín describe la exploración de la naturaleza como «la enfermedad de la curiosidad».

Las disparidades filosóficas y religiosas entre los textos recién adquiridos y los del aristotelianismo aprobado por la Iglesia significaron que las ideas de los primeros a veces se unían en una improbable alianza de ideas. Así, el aumento de la curiosidad científica a partir del siglo XV fue en paralelo a un mayor interés por la magia y el ocultismo. Como resultado, «la exploración de la naturaleza», lo que ahora reconocemos como iniciativa científica, en su infancia en el Renacimiento estaba totalmente plagada de nociones extraídas de religiones paganas mistéricas. Muchos de sus principales protagonistas (Paracelso, Agripa, John Dee, Giordano Bruno) andaban tan ocupados con los estudios arcanos y ocultistas como con los de la ciencia, en el sentido actual del término. Es interesante destacar que muchos de ellos emplearon diagramas geométricos en sus disertaciones, que parecían otorgarles un toque de autenticidad.

La «tradición hermética», desde el momento de su traducción en Florencia, se convirtió en fuente de inspiración para la mayoría de las sociedades ocultistas secretas de Europa, entre ellas la de los masones y los rosacruces.

*El significado original de Trimegisto, «tres veces grande» o «tres veces bendito», es confuso, pero pasó a referirse a las prácticas de alquimia, astrología y teúrgia (magia blanca).



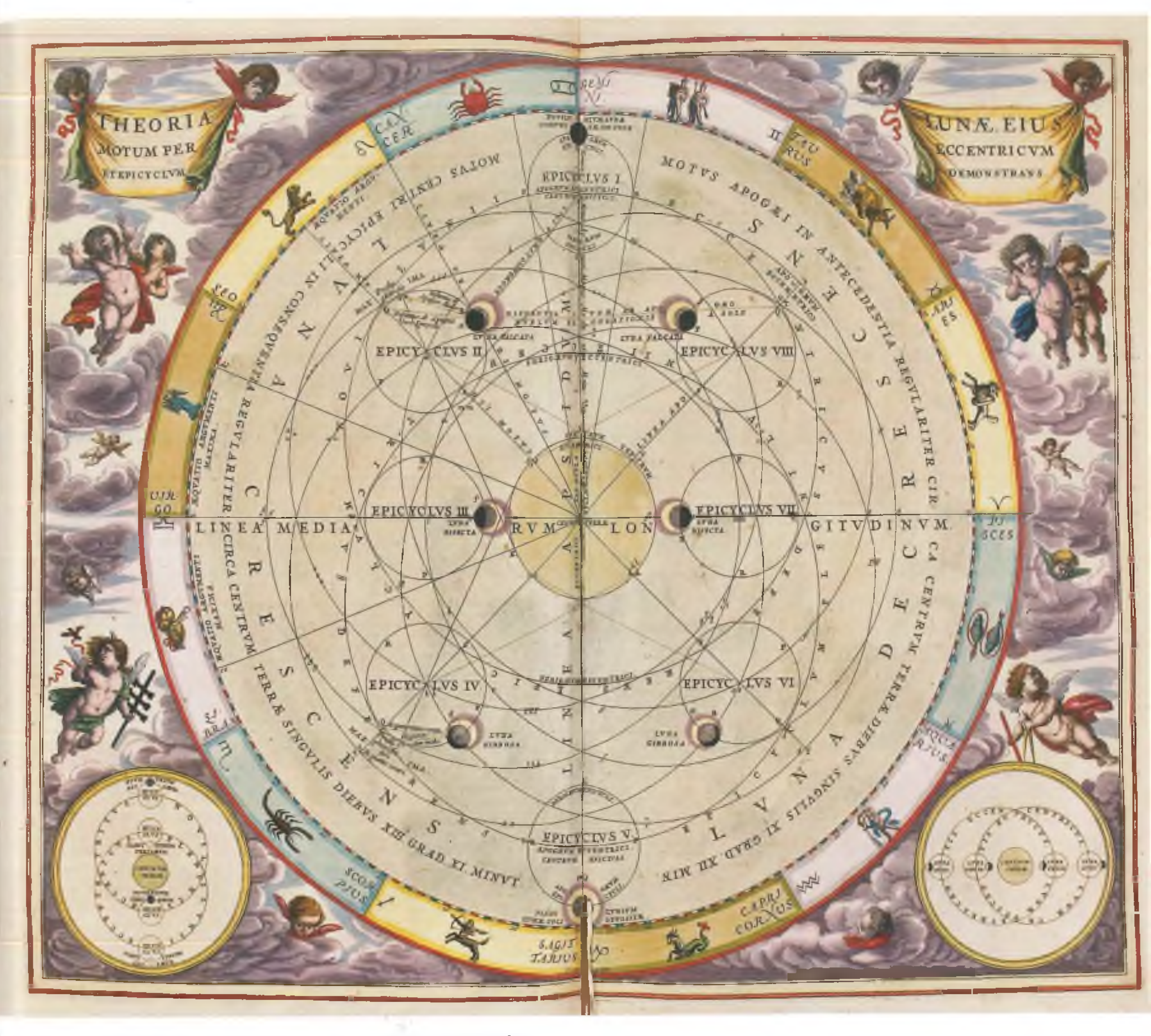
**ARRIBA:** escultura de dos tetraedros entrecruzados, con siete tetraedros más pequeños en sus vértices. De la iglesia de Saint-Trivier-de-Courtes, Borgoña, Francia oriental.



**ARRIBA:** escultura de alabastro que muestra todos los sólidos platónicos. Donada por sir Clement Edmonds, alumno del colegio All Souls, a la Biblioteca Bodleian de Oxford, 1620.



**ARRIBA:** modelo de un octaedro truncado en la tumba de sir Anthony Ashley, iglesia parroquial de St Giles, cerca de Salisbury, Inglaterra.




**ARRIBA:** *Theoria lunae, eius motum per eccentricum et epicyclum demonstrans* de Andreas Cellarius, que muestra la órbita excéntrica y epicíclica de la Luna, con referencias astrológicas.

«La magia comprende la más profunda contemplación de las cosas más sagradas, de su naturaleza, poder, cualidad, sustancia y virtudes, así como el conocimiento de su naturaleza completa» (Enrique Cornelio Agripa, 1486-1535, *De occulta philosophia*).

Tras la Reforma Protestante y la quiebra de la hegemonía de la iglesia católica a principios del siglo XVI, surgieron unas tradiciones arcanas, supuestamente secretas, para llenar la brecha espiritual. La Iglesia consideraba a estas «tradiciones secretas», la hermética y las que siguieron (en especial los rosacruces en el siglo XVII y los masones en el XVIII), como teologías rivales. Ficino tuvo graves enfrentamientos con la Iglesia, que lo acusaba de practicar la magia, y también atrajo la atención de la Inquisición romana. Tuvo suerte de gozar de la protección de sus poderosos patrones, los Médici. Incluso así, su Academia tenía que disimular y disfrazar sus objetivos e identidad. Ficino consiguió mantenerse alejado de los problemas, pero su discípulo Pico della Mirandola no fue tan afortunado. Mirandola intentó hacer una síntesis de todos los sistemas religiosos y filosóficos conocidos, incluyendo la tradición hermética, pero el Papa condenó sus ideas y tuvo que huir a Francia. A lo largo del siglo XVI la Iglesia se fue volviendo cada vez más hostil hacia las ideas de los científicos magos, lo que culminó con el juicio contra el filósofo y matemático Giordano Bruno bajo los cargos de blasfemia y herejía. Bruno no había escondido su panteísmo ni su creencia en la cosmología heliocéntrica copernicana, y se negó a retractarse; por ello murió quemado en la hoguera.

El peligro no era tan grave a medida que uno se alejaba de la zona de influencia de la iglesia católica y su inquisición. El filósofo alemán Enrique Cornelio Agripa declaraba su condición de mago y alquimista y se sospechaba que estaba implicado en prácticas de magia negra, pero él se consideraba un reformador cristiano. Formaba parte de la tradición humanista que incluía a personajes como Marsilio Ficino y Erasmo de Rotterdam, que a su vez ejercieron una gran influencia sobre pensadores como Giordano Bruno y John Dee. El casi contemporáneo de Agripa, el suizo-alemán Paracelso (Theophrastus Phillippus Aureolus Bombastus von Hohenheim), fue un importante pionero del diagnóstico médico. También él era ocultista, pero radical en su insistencia de observar la naturaleza, en lugar de depender de textos aceptados al modo escolástico.

Aunque el interés por lo arcano y lo oculto resultaba ofensivo para la Iglesia, existía poco sensacionalismo







**ARRIBA, CENTRO Y DERECHA:** xilografías de figuras mágicas de significado incierto, de *Articuli centum et sexaginta adversus huius tempestatis mathematicos atque philosophos* de Giordano Bruno, publicado en Praga en 1588, dos años antes de su fatídico regreso a Italia.

entre sus practicantes; para ellos se trataba simplemente de otro camino en la investigación del mundo natural. Por ejemplo, Gerolamo Cardano, actualmente más conocido como pionero del álgebra y de las matemáticas de probabilidades, en su época fue considerado un notable médico y ocultista. El filósofo y matemático Giambattista della Porta fundó un club científico que se vio obligado a clausurar tras ser acusado de tratar con temas ocultos. Por ese motivo fue llamado a Roma, para explicarse ante la Inquisición romana, pero fue capaz de demostrar la gran amplitud de sus intereses, entre ellos la farmacología y la hidráulica. Actualmente se le reconoce ante todo por su investigación en el campo de la óptica, incluyendo su invención del primer telescopio y el perfeccionamiento de la *cámara oscura*.

En Inglaterra el estatus del erudito John Dee no se vio disminuido por su interés por lo oculto, ni tampoco el de su compatriota Robert Fludd. Ambos eran astrónomos y matemáticos además de astrólogos y ocultistas, y no resulta fácil separar sus carreras de la aparición de la auténtica ciencia, como es el caso de los demás científicos magos del Renacimiento. La separación entre la investigación de fenómenos «científicos» y «mágicos» fue gradual, y la distinción por fin se hizo sobre la base de que la primera podía demostrar de forma convincente sus hallazgos, mientras que la segunda no podía hacerlo. Pero incluso una figura tan importante como Isaac Newton se interesó durante toda su vida por la alquimia; ciertamente se cuenta entre los mayores científicos de la era moderna, y probablemente fuera el último de los «magos».

## BREVE RELACIÓN DE CIENTÍFICOS MAGOS PROMINENTES

| | | |
|---|---|---|
| Filarete (Antonio di Petro Averlino) | 1400-1469 | Arquitecto, escultor (astrología, magia) |
| Giovanni Pico della Mirandola | 1463-1494 | Filósofo |
| Enrique Cornelio Agripa | 1486-1535 | Mago, ocultista, astrólogo, alquimista |
| Paracelso (Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim) | 1493-1541 | Médico, botánico, alquimista, ocultista, astrólogo |
| Gerolamo Cardano | 1501-1576 | Matemático, médico, astrólogo, filósofo, ocultista |
| John Dee | 1527-1608 | Matemático, astrónomo, astrólogo, ocultista |
| Giambattista della Porta | 1535-1615 | Matemático, filósofo, alquimista, astrólogo, ocultista |
| Giordano Bruno | 1548-1600 | Filósofo, matemático, poeta, astrólogo |
| John Napier | 1550-1617 | Matemático, ocultista |
| Heinrich Khunrath | 1560-1605 | Filósofo, médico, alquimista |
| Robert Fludd | 1574-1637 | Matemático, cosmólogo, astrólogo, cabalista |
| Isaac Newton | 1643-1727 | Físico, matemático, alquimista, rosacruz |

# DE VRIES, EL BARROCO Y EL DECLIVE DEL USO IMAGINATIVO DE LA GEOMETRÍA

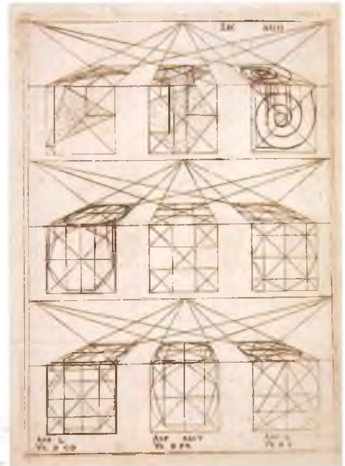
Hacia principios del siglo XVII la moda por la invención geométrica se estaba desvaneciendo. Durante largo tiempo siguieron apareciendo libros sobre perspectiva en Europa y los sólidos regulares e irregulares continuaron empleándose en las ilustraciones de esas tesis, pero esas figuras no volvieron a ser jamás el foco de la atención creativa. El interés por los aspectos «cosmológicos» de las figuras regulares también fue declinando. No se llegó a olvidar del todo su asociación con los conceptos platónico-pitagóricos, pero estos dieron paso a una matemática moderna de índole más práctica. A partir de entonces prácticamente desapareció la sensación de juego artístico con respecto a las figuras geométricas regulares. Esta época, por supuesto, vio el surgimiento del suntuoso estilo barroco, firmemente asociado con la Contrarreforma y con la intención consciente de reafirmar la gloria y el poder de la Iglesia. Ahora eran los arquitectos involucrados en ese movimiento quienes tendían a escribir tratados sobre perspectiva (en especial, jesuitas franceses e italianos), que incorporaron la perspectiva a los nuevos avances que estaban teniendo lugar en ese campo.

Un buen ejemplo de la transición hacia un estilo arquitectónico más monumental y expresivo son los dibujos de Hans Vredeman de Vries (1527-1607), un arquitecto e ingeniero holandés. De Vries se encargó de la edificación de algunos modestos edificios y trabajó en la fortificación de Amberes, pero se le conoce mejor como teórico. Publicó un libro sobre diseño de jardines en 1583 y otro sobre perspectiva en 1604; ambos ejercieron una gran influencia, y el segundo anticipó las extensas vistas arquitectónicas del barroco. De Vries incluye algunas figuras geométricas en su tratado sobre perspectiva, pero son básicamente un preludio de esas fantásticas visiones arquitectónicas, tanto de interiores como de exteriores, que en la Europa del siglo XVII se convertirían en la perfecta expresión de la riqueza y el poder. Los principales ejemplos de la imaginación geométrica que se encuentran en su obra son el trazado de los jardines, en especial los laberintos, que parecen haber sido muy de su gusto.

Jacques I Androuet du Cerceau (h. 1515-1584), procedente de una distinguida familia de arquitectos, fue otro teórico notable de la época. Escribió el libro *Leçons de perspective positive*, pero también en este caso la función primaria de la perspectiva era facilitar la presentación espectacular de grandiosos planes arquitectónicos. En esto tuvo mucho éxito, hasta el punto que hoy día se le considera «el inventor de la arquitectura francesa». En su tratado hace un uso muy escaso de las figuras geométricas.

Como ya hemos mencionado, la otra dirección importante para los estudios sobre perspectiva era matemática. Jean-François Niceron (1613-1646),

**ARRIBA:** página del libro en dos volúmenes de De Vries sobre perspectiva, magníficamente ilustrado, publicado en Ámsterdam en 1604.



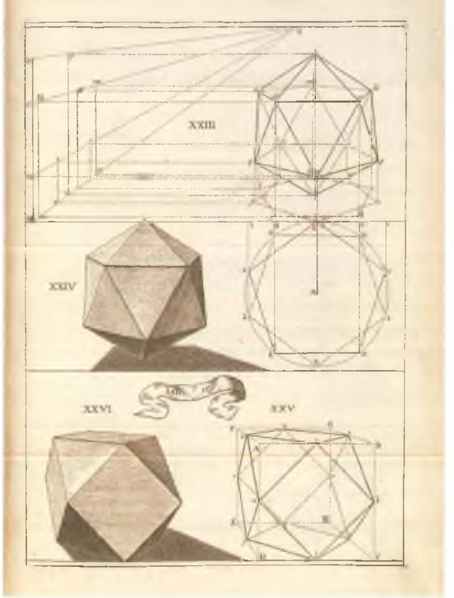
**DERECHA:** página de *Leçons de perspective positive* de Jacques I Androuet du Cerceau, destacado teórico de la arquitectura de finales del siglo XVI. Sus impresionantes bosquejos le reportaron fama como «el padre de la arquitectura francesa».

un monje franciscano y matemático francés, fue una destacada figura de este movimiento. Era alumno del fraile jesuita Marin Mersenne, un eminente matemático que conocía y defendía abiertamente las ideas de Galileo, Kepler y Descartes. Además de ser un matemático competente, Niceron era un artista de cierto relieve, y debido a estos intereses se sintió atraído por los problemas de la perspectiva y otras técnicas (en especial, sus aplicaciones prácticas en el arte religioso). Su obra *La perspective curieuse* (París, 1638) es básicamente una investigación de estos temas. El tratado aplica un enfoque matemático a la anamorfosis (la distorsión artificiosa de las imágenes) y el trampantojo, así como a la perspectiva. Usa figuras regulares, tratando la teoría de la perspectiva de modo muy convencional, pero su libro también incluye una elegante serie de cuerpos estrellados. Es interesante por su demostración de las formas en que los cuerpos complejos arrojan sombras.

Al poco tiempo de esta publicación, su compatriota, el sacerdote jesuita Jean du Breuil (1602-1670), elaboró un inmenso tomo en tres volúmenes que trataba sobre perspectiva, adoptando algunas de las teorías de Niceron y de otros teóricos de la nueva disciplina de geometría proyectiva, un proyecto que generó controversia y acusaciones de plagio. A pesar de ello la obra fue muy popular y llegó a alcanzar veinte ediciones, aunque su uso de figuras geomé-



**ARRIBA:** Jean François Niceron fue un jesuita matemático y artista de cierto relieve. Combinó estos talentos en su obra *La perspective curieuse* de 1638.

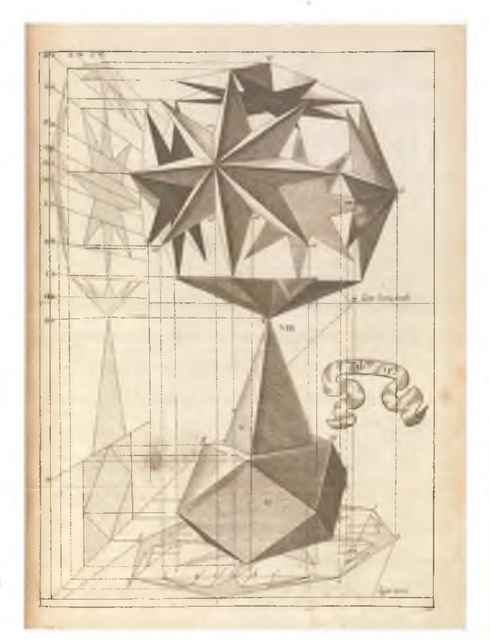



**ARRIBA:** Niceron empleó sujetos poliédricos para presentar sus teorías sobre perspectiva; parece que poseía una buena comprensión de los mismos.

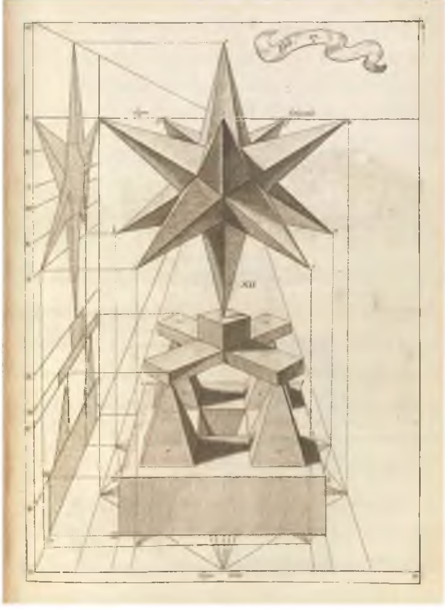
tricas es escaso (se limita a un par de páginas de prismas huecos no demasiado atractivos).

En 1693 una de las figuras más prominentes del período barroco, el pintor jesuita Andrea Pozzo (1642-1709), famoso sobre todo por sus inmensos techos pintados con trampantojos, produjo un tratado en dos volúmenes titulado *Perspectiva pictorum et architectorum*. El propósito de la obra, en común con gran parte del movimiento barroco, era un intento por restablecer la hegemonía artística católica. Prácticamente señala el fin de la asociación entre geometría en el sentido euclidiano y perspectiva, puesto que se ocupa exclusivamente de la perspectiva en la arquitectura y la escenografía y no incluye ningún tipo de figuras geométricas.

El uso de la figura geométrica y de los diagramas no despareció del todo; se pueden encontrar en tratados sobre perspectiva del siglo XVIII, y hasta nuestros días se utilizan para demostrar los principios de la perspectiva. De todos modos, resulta irónico que el vínculo casi mágico entre la geometría idealizada, la representación de la tridimensionalidad en el plano y los importantes conceptos cosmológicos del pasado clásico, prácticamente desapareciera en la época de la Ilustración.



**ARRIBA:** Niceron, que trata sobre técnicas anamórficas y de trampantojo en *La perspective curieuse*, era muy hábil en su uso del sombreado para indicar profundidad.



**ARRIBA:** el tercer dodecaedro estrellado, con una buena indicación de la perspectiva de su sombra, proyectado sobre una pantalla; de *La perspective curieuse*.

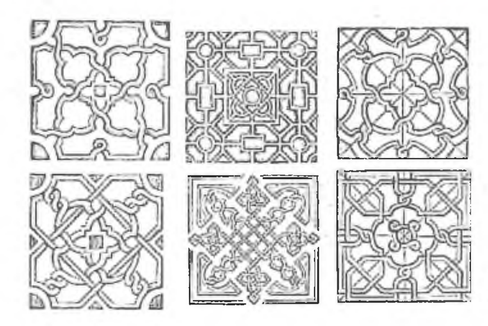
# GEOMETRÍA Y SIMETRÍA EN EL DISEÑO DE JARDINES RENACENTISTAS

Tal como hemos visto, las ideas clásicas y humanistas que se habían integrado durante el temprano Renacimiento tuvieron un enorme efecto sobre los estudiosos, las artes y la arquitectura en toda Europa occidental, y es natural que esta influencia encontrara también su expresión en el diseño de jardines. La primera manifestación de un nuevo estilo, de inspiración clásica, en emplear el uso de la simetría para expresar orden y belleza, tuvo lugar por supuesto en Italia. El primer defensor de este movimiento no fue otro que Leon Battista Alberti, el autor de *Della pittura*, el libro que tanta influencia tuvo sobre la estética y la perspectiva. Para Alberti, la belleza consistía en «la armonía de todas las partes en relación unas con otras», en un resurgimiento consciente de los ideales clásicos —en especial los platónico-pitagóricos— sobre número y proporción. Su libro *De re aedificatoria*, publicado en 1452, estaba en perfecta consonancia con el neoplatonismo de la Academia florentina y pretendía fomentar sus ideas estéticas entre artistas, arquitectos y artesanos, así como entre los paisajistas.

Las teorías de Alberti sobre el resurgimiento del clasicismo en el diseño de jardines, derivadas también del autor romano Vitruvio, se pusieron en práctica en la creación del jardín de Villa Quaracchi sobre el año 1495, un esquema que inauguró la moda de numerosos jardines formales que le siguieron. Quaracchi tenía un eje central que transcurría desde la puerta principal de la casa hasta el final del jardín. Las zonas de la izquierda y de la derecha eran esencialmente imágenes reflejadas como en un espejo, divididas por un eje transversal para crear subdivisiones. Estas a su vez se dividían en pequeños *compartmenti* plantados, algunos de los cuales mostraban setos vivos de hierbas aromáticas con forma de «nudos», diseños que reflejaban patrones geométricos establecidos y que se venían empleando como decoración arquitectónica desde la Edad Media. Los árboles se plantaron según las instrucciones de Alberti, «alineados y colocados de forma ordenada». Parte de la inspiración para este tipo de diseño de jardín proviene de las descripciones que hizo Plinio el Joven en el siglo I sobre los jardines de la finca que poseía en la Toscana.

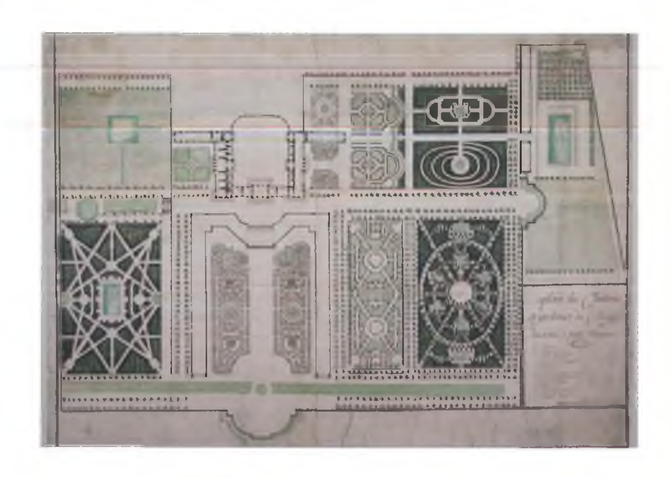
El legado del mundo romano, tal como lo volvieron a imaginar los arquitectos y constructores de jardines del Renacimiento, representó la plantilla para los jardines formales que se construirían en los doscientos cincuenta años siguientes. Era un estilo que sería imitado en toda Europa: los jardines se hicieron cada vez más espléndidos, más simétricos y más conscientes de la perspectiva. Sirvieron para demostrar el poder y la magnificencia de sus propietarios (Versalles era el ejemplo supremo), pero el plano básico, basado en supuestos precedentes clásicos, siguió siendo el modelo de diseño para jardines formales hasta prácticamente la era moderna.

**ARRIBA:** grabados de parterres y bosquecillos geométricos de *Traité du jardinage*, de Jacques Boyceau, 1638. Esta fue la publicación más destacada de su época en tratar el tema del jardín formal francés.



**IZQUIERDA:** diseños de nudos para un jardín formal; de Gervase Markham, 1656.

**DERECHA:** planos originales del siglo XVII de los jardines del Château de Clagny, cerca de Versalles; diseñados por Maraine.






**ARRIBA:** el magnífico *Hortus Palatinus* del castillo de Heidelberg; pintado por Jacques Fouquier en 1616.



**ARRIBA:** los jardines de Versalles, encargados por Luis XIV en 1661, son el ejemplo absoluto de un jardín formal francés.

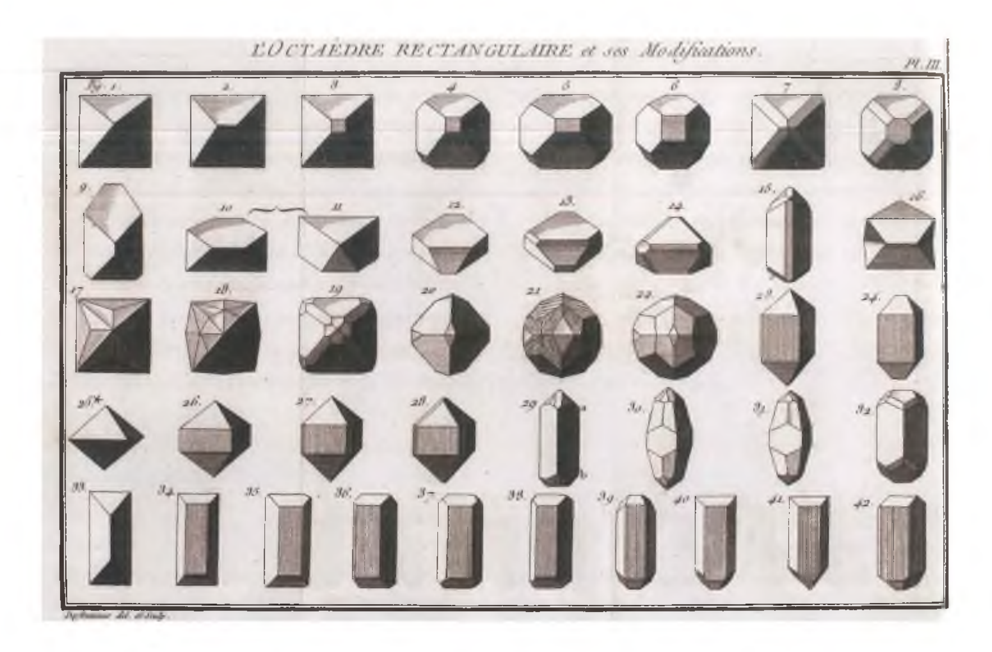
# LA FORMA Y LA ESTRUCTURA DE LOS CRISTALES

Es una curiosa coincidencia que, justo cuando el gusto por la geometría estética estaba pasando de moda, surgiera un interés científico por la más geométrica de las formas naturales: los cristales. En la extraña forma que a veces funciona la ciencia, esta línea de investigación se les ocurrió a varios pensadores científicos pioneros por la misma época de mediados del siglo XVII. El naturalista danés Nicolás Steno, el matemático y médico holandés Christiaan Huygens, el erudito inglés Robert Hooke y otras grandes mentes de la época estudiaron el tema; todos empezaron a investigar el motivo de la forma exterior geométrica de los cristales. Algunos sospechaban que esto se podría derivar de algún tipo de estructura interna regular y, de modo interesante, muchos establecieron la conexión entre las delicadas formas de los copos de nieve y la regularidad de los cristales minerales. Sabiéndolo o no, estaban siguiendo el camino iniciado por el reconocido platónico Johannes Kepler en su ensayo de 1611 *Strena seu de nive sexangula* (*El copo de nieve de seis lados*; *véase* la pág. 186). Kepler no prosiguió con sus investigaciones sobre las estructuras geométricas regulares en la naturaleza, pero en 1669 Steno pudo publicar su ley sobre ángulos constantes, que se convirtió en la base de la cristalografía morfológica.*

Durante el curso de sus estudios sobre la luz, Christiaan Huygens también se sintió intrigado por las regularidades cristalinas. Llegó al mismo concepto intuido que Kepler, de que esas características surgen «de la ordenación de partículas pequeñas, iguales e invisibles». Robert Hooke debe su justificada fama a su *Micrographia*, que en 1665 presentó a un asombrado público londinense con unas imágenes de gran complejidad y detalle de temas microscópicos, entre las cuales se encontraban representaciones de pulgas y piojos aumentados hasta proporciones monstruosas. Pero Hooke también examinó la estructura cristalina de los copos de nieve bajo su microscopio, y fue mucho más allá que Kepler al explicar cómo la configuración de empaquetamientos esféricos podría explicar las distintas maclas de los cristales.

A pesar de su brillantez, ninguna de estas revelaciones fue seguida de una investigación continuada. La mayoría de estos pensadores tenían muchos otros intereses, y además el campo de la cristalografía se veía obstaculizado por la falta de técnicas cuantitativas (es decir, los medios de determinar con exactitud la dureza, la angularidad, etc.), y otro factor era también la ausencia de cualquier teoría atómica/molecular. El lento avance en los estudios cristalográficos iba a cambiar radicalmente en el siglo siguiente con la obra de dos notables científicos franceses.

*La ley que presentó en *De solido intra solidum naturaliter contento* establece que los ángulos entre las caras correspondientes de los cristales del mismo mineral son constantes. En su obra, Steno hace referencia al *Strena* de Kepler.



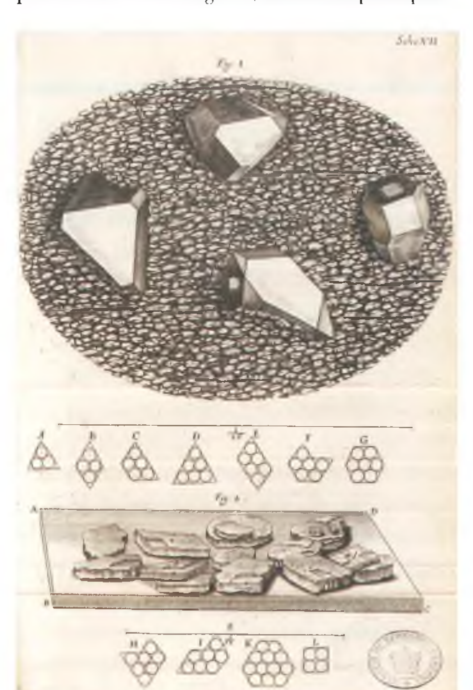

**ARRIBA:** una página de *Cristallographie* de Romé de l'Isle, 1783, que representa variantes cristalinas.

En 1783, un ex oficial del ejército autodidacta, Romé de l'Isle, publicó *Cristallographie*, una obra en cuatro volúmenes que resumía unos veinte años de investigación mineral y cristalina. Durante ese tiempo, De l'Isle había redescubierto la ley de Steno sobre ángulos constantes y empleado un *goniómetro* (aparato inventado por uno de sus ayudantes, Arnould Carangeot) para clasificar 450 tipos de cristales. Para promocionar las ventas de su extenso libro, De l'Isle concibió modelos en cerámica de cada una de esas formas para acompañar los volúmenes; había un total de 448, que se elaboraron en la Real Fábrica de Porcelana de Sèvres. Así pues, no resulta sorprendente que *Cristallographie* y sus muestras de cerámica tuvieran un gran éxito, vendiéndose a museos y a establecimientos educativos de toda Europa. Actualmente se consideran objetos de anticuario y poseen un gran valor.

Es de lamentar que los mecenas que habían apoyado a De l'Isle fueran aristócratas y que, al igual que ellos, cayera víctima de la historia. La Revolución, con el establecimiento de la República en 1792, lo tachó de *persona non grata* en la escena científica francesa. Un individuo igual de dinámico, un sacerdote llamado René Just Haüy, tomaría su lugar y asumiría sus intereses. Haüy, que tenía la ventaja de contar con el apoyo del régimen bonapartista, aportó un nuevo sentido del orden a la acumulación de datos sobre morfologías cristalinas con sus teorías sobre los índices racionales. Postuló que la estructura cristalina se basaba en *moléculas sustractivas*, una serie progresiva de elementos poliédricos, y demostró que estos, mediante la

adición y sustracción de hileras, podían formar cubos, romboedros y otras formas cristalinas típicas. Haüy no tenía una concepción propiamente dicha de la escala de las moléculas, de los billones de átomos implicados en incluso las más pequeñas formaciones cristalinas, pero sus ideas, aunque más tarde desbancadas, presentaron una base racional sobre la variedad de tipos de cristales, y por ello se le considera justamente el fundador de la ciencia de la cristalografía.

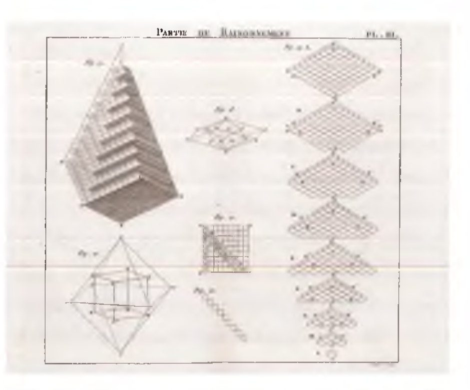
Se siguieron produciendo modelos de cristales para enseñar la cristalografía, mucho tiempo después de que las colecciones de Romé de l'Isle y de Haüy quedaran anticuadas. De hecho, las siguen utilizando los que quieren que sus alumnos comprendan de una forma sólida y tangible el tema. Pero la llegada de la cristalografía de rayos X a principios del siglo XX y las técnicas más recientes de modelos computarizados las hacen parecer un tanto anticuadas. A pesar de ello, y aunque parezca sorprendente, sigue existiendo la demanda suficiente para que un proveedor, la empresa familiar Krantz, las siga fabricando como viene haciendo desde el año 1837.



**ARRIBA:** estudios cristalográficos de Robert Hooke, de su *Micrographia*, 1665.



**ARRIBA:** formas de cristales en cerámica, de De l'Isle y Haüy.

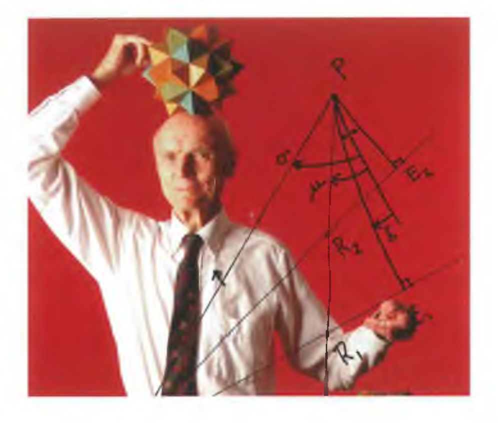


**ARRIBA:** ordenaciones de Haüy de *moléculas sustractivas*, que demuestran su ley de decremento; de *Traité de cristallographie*, 1832.

# CONCLUSIÓN

Con la cristalografía morfológica llegamos a un punto en que sentimos que hemos dado la vuelta completa al círculo. Es muy probable que las teorías fundacionales de los pitagóricos con respecto a las formas geométricas estuvieran en parte inspiradas por las formaciones cristalinas naturales. Seguramente conocían esos objetos y se sentían intrigados por ellos. Entre otros cristales que había en la zona donde vivían estaba la pirita de hierro, que se encuentra tanto en maclas cúbicas como dodecaédricas. De hecho, la precisa simetría de las formas cristalinas es algo que siempre intrigará al ser humano. Su pureza de forma contrasta con la caótica complejidad de gran parte del resto de la naturaleza, y no resulta sorprendente que se les otorgaran connotaciones mágicas, y tampoco que más tarde se convirtieran en foco de especulación científica.

La pureza de la geometría convierte la cristalografía en un tema que inspira. Para los pitagóricos y posteriormente para Platón, poseía matices religiosos, y por su contribución al pensamiento occidental ha conservado esa asociación con lo inefable. La geometría está profundamente entretejida en la cultura occidental. En matemáticas, tras un declive en la primera parte del siglo XX, el interés por la geometría ha resurgido, en especial gracias a los esfuerzos de Donald Coxeter. Muy querido por todos quienes se interesan por los politopos regulares, este científico demostró cómo la geometría se halla en el mismo centro de las matemáticas, defendió el tema cuando parecía estar pasado de moda, y siempre fue consciente de su valor tanto estético como matemático.



**ARRIBA:** el matemático anglocanadiense Donald Coxeter (1907-2003), «el hombre que salvó la geometría».

Aunque de modos distintos, muchos artistas están haciendo nuevas interpretaciones de este antiguo tema. Y así es como debe ser. Después de todo, las figuras geométricas en dos, tres o más dimensiones son meramente puntos y líneas: ¿qué podría ser más elemental, o más abstracto, o más inspirador?

# TRATADOS DE GEOMETRÍA Y PERSPECTIVA DE LOS SIGLOS XV-XVII

y otras publicaciones relevantes, ordenadas por fecha de publicación

**De prospectiva pingendi**, h. 1470; Piero della Francesca (h. 1415-1492)

**Libellus de quinque corporibus regularibus**, h. 1480; Piero della Francesca (h. 1415-1492)

**Elementorum geometricum** de Euclides, Venecia,1482; Erhard Ratdolt (1442-1528)

**De Divina Proportione**, Venecia, 1509; Luca Pacioli (1445-1517); ilustrado por Leonardo da Vinci (1452-1519)

**Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheyt**, Núremberg, 1525; Alberto Durero (1471-1528)

**Vier Bücher von menschlicher Proportion**, Núremberg, 1528; Alberto Durero (1471-1528)

**Ein schön nützlich Buchlein**, Núremberg, 1531; Hieronymus Rodler (fall. 1539)

**Ein aigentliche und gründliche Anweysung in die Geometria**, Núremberg, 1543; Augustin Hirschvogel (1503-1553)

**Geometrische und Perspektivische Zeichnungen**, Núremberg?, h. 1560; anónimo (h. 1565-1600)

**Livre de Perspective**, París, 1560; Jean Cousin (1490-1560)

**Des Circkels und Richtscheyts**, Núremberg, 1564; Heinrich Lautensack (1522-1568)

**Geometria et perspectiva**, Augsburgo, 1567; Lorenz Stoer (h. 1537-1621)

**Perspectiva literaria**, Núremberg, 1567; Johannes Lencker (1523-1585)

**Perspectiva corporum regularium**, Núremberg, 1568; Wentzel Jamnitzer (1508-1585)

**La pratica della perspettiva**, Venecia, 1569; Daniele Barbaro (1513-1570)

**Perspectiva**, Núremberg, 1571; Johannes Lencker (1523-1585)

**Leçons de perspective positive**, París, 1576; Jacques Androuet Du Cerceau (h. 1515-1584)

**Mysterium cosmographicum**, Tubinga, 1596; 1621; Johannes Kepler (1571-1630)

**La pratica di prospettiva**, Venecia, 1596; Lorenzo Sirigatti, fall. 1625

**Extract der Geometriae und Perspectivae**, Núremberg, 1598; Paul Pfinzing (1554-1599)

**Perspective**, Amsterdam, 1604; Jan Vredeman de Vries (1527-h. 1607)

**Strena seu de nive sexangula**, Francfort, 1611; Johannes Kepler (1571-1630)

**Praxis perspective**, Leipzig, 1615; Lucas Brunn (1572-1628)

**Harmonices mundi**, Francfort, 1619; Johannes Kepler (1571-1630)

**Prospettiva pratica**, Florencia, 1625; Pietro di Fabrizio Accolti (1579-1642)

**Perspektivische Reiss Kunst**, Augsburgo, 1625, Peter Halt (fall. 1629-1653)

**La perspective curieuse**, París, 1638; Jean-Francois Niceron (1613-1646)

**La perspective pratique**, París, 1642; Jean du Breuil (1602-1670)

**Aerarium philosophiae mathematicae**, Roma, 1648; Mario Bettini (1582-1657)

**Perspectiva pictorum et architectorum**, Augsburgo, 1693; Andrea Pozzo (1642-1709)

**Linear Perspective**, Londres, 1715; Brook Taylor (1685-1731)

**Lucidum prospectivae speculum**, Augsburgo, 1727; Paul Heinecken (1680-1746)

# LECTURAS ADICIONALES

**Andersen, Kirsti:** *The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective...*; Springer, N. Y. 2007.

**Bedini, Silvio:** *The Perspective Machine of Wentzel Jamnitzer*; Technology and Culture, April, 1968, volumen 9, número 2.

**Cromwell, Peter R.:** *Polyhedra*; Cambridge University Press, 1997, 2004.

**Gluch, Sibylle**: *The Craft's Use of Geometry in 16th c. Germany*; Universidad de Dresde, 2007.

**Hart, George W.:** *Polyhedra and Art through History*, www.georgehart.com

**Kemp, Martin:** *The Science of Art: Optical Themes in Western Art*; Yale University Press, 1990.

**Pfaff, Dorothea:** *Lorenz Stoer: Geometria et Perspectiva*; LMU Publikation, http://epub.ub.uni-muenchen.de

**Richter, Fleur:** *Die Ästhetik geometrischer Körper in der Renaissance*; editorial Gerd Hatje, 1995.

**Schreiber, P.:** *A New Hypothesis on Dürer's Enigmatic Polyhedron in His Copper Engraving 'Melencolia I'*; Historia Math. 26. 369-377, 1999.

**Smith, Jeffrey Chipps:** *Nuremberg and the Topographies of Expectation*; Journal of the Northern Renaissance, primavera 2009.

**Sutton, Daud:** *Platonic & Archimedean Solids*; Walker & Company, 2002. Traducción en español de la editorial Oniro, 2005: *Sólidos platónicos y arquimedianos.*

**Van den Broeke, Albert y Ruttkay, Zsofia:** *A Closer Look at Jamnitzer's Polyhedra*; Universidad de Twente.

**Veltman, Kim H.:** *Geometric Games. A Brief History of the Not so Regular Solids*, 1990. *The sources and Literature of Perspective*, www.sumscorp.com

**Wood, Christopher S.:** *The Perspective Treatise in Ruins*: Studies in the History of Art, Symposium Papers XXXVI, Washington Nat. Gall. of Art, CASVA, 2003 (Editado de nuevo en la edición en CD-ROM de Lorenz Stoer: *Geometria et Perspectiva*, editorial Harald Fischer Verlag, Erlangen, 2006).

# ÍNDICE ANALÍTICO

# CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

Portadilla: Bildnachweis: Rheinisches Bildarchiv Koln/Photo: © Rheinisches Bildarchiv, Marion Mennicken; 7 Harald Fischer Verlag; 8 Pictures from History / Bridgeman Images; 10 The Art Archive/Shutterstock; 11 Private collection; 13 ar. bpk / Antikensammlung, SMB / Johannes Laurentius; 13 ab. Private collection; 14 Private collection; 16 iz. Private collection. 16 ar.iz.der. Bibliotheque nationale France; 17 Pictures from History / Bridgeman Images; 18 The Art Archive / University Library Istanbul / Gianni Dagli Orti/Shutterstock; 19 The Art Archive / Egyptian Museum Cairo / Gianni Dagli Orti/Shutterstock; 20 iz. By kind permission of the de Beer Collection, Special Collections, University of Otago, Dunedin, New Zealand. (ff. 105 ab.-10); 20 ar.der. Biblioteca Apostolica Vaticana (Vat. gr. 190, vol. 1 fols. 38 verso - 39 recto); 20 der.ab. The Art Archive/©The British Library Board (Add. 23387, f.28); 21 Cambridge University Library (MS Nn.3.74); 22 iz. © The British Library Board; 22 der. Pictures From History / Bridgeman Images; 23 Biblioteca Apostolica Vaticana (Reg. lat. 1308 fols. 21 verso - 22 recto); 25 Private collection; 27 The Art Archive / Chartes cathedral, France / Manuel Cohen/Shutterstock; 29 Private collection; 31 iz. Bodleian Library, University of Oxford (Conica of Apollonius of Perga f 162 ab. and164a) 31 der. ©The British Library Board (Add. 23387, f.28); 32 Bibliotheque nationale France (MS Arabe 2509, fos 40vo-41ro); 33 Private collection; 34-35 Baptistery, Castiglione Olona, Italy / Bridgeman Images; 36-37 Museo de Firenze Com'era, Florence, Italy / Bridgeman Images; 37 ar. The Art Archive / DeA Picture Library/Shutterstock; 38 The Art Archive / Galleria degli Uffizi Florence /Shutterstock; 39 Sailko; 41 Museum of History of Science Oxford/Art Collection 2/Alamy Stock Photo; 42 The Art Archive / DeA Picture Library/Shutterstock; 43 Library of Congress, USA; 45 ar. Private collection; 45 ab. The Art Archive / DeA Picture Library/ Bibliothèque nationale, Paris /Shutterstock; 46 iz. Universal History Archive/Getty Images; 46 der. Private collection; 47 The Art Archive / DeA Picture Library / S. Vannini/Shutterstock; 48 iz. The Art Archive / Biblioteca Statale, Lucca / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 48 der. Private collection; 49 The Art Archive/Shutterstock; 50 Private collection; 51 iz. The / Galleria degli Uffizi Florence / Gianni Dagli Orti/Shutterstock; 51 der. De Agostini Picture Library / Contributor/Getty Images; 53 © The British Library Board; 54 Private collection; 55 ar. Private collection; 55 ab. Science & Society Picture Library / Contributor/Getty Images; 56 Photo (C) RMN-Grand Palais (musée du Louvre) / Gérard Blot; 57 The Thomas Fisher Rare Book Library, University of Toronto; 58 Private collection; 59 iz. Germanisches Nationalmuseum, Nuremberg, Germany / Bridgeman Images; 59 der. Royal Museums Greenwich; 60 Whipple Library/ University of Cambridge; 61 The Art Archive/Shutterstock; 62 The Art Archive / Galleria Nazionale delle Marche, Urbino / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock 63 ar. The Art Archive/Shutterstock; 63 der. Private collection; 63 ab. Biblioteca Riccardiana, Florence; 64 Biblioteca Panizzi, Reggio Emilia/ Fototeca della Biblioteca Panizzi,Reggio Emilia; 65 Photo Scala, Florence/ courtesy of the Ministero Beni e Att. Culturali; 66 ar. The Art Archive / Galleria Nazionale delle Marche, Urbino / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 66 ab. The Art Archive / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 67 iz. Private collection;67 der. Photo Scala, Florence; 69 The Art Archive / Scrovegni Chapel Padua / Mondadori Portfolio/Elect/Shutterstock; 70 The Art Archive / DeA Picture Library/Shutterstock; 71 ar. The Art Archive / Sta Maria del Carmine Florence / Collection Dagli Orti/Shutterstock; 71 ab. Private collection; 72 ar. The Art Archive / DeA Picture Library / G. Nimatallah/Shutterstock; 72 ab.iz. The Art Archive / San Francesco Arezzo Italy / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 72 ab.der. The Art Archive / Basilica San Francesco Assisi Italy / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 73 Photo Scala, Florence, 75 ar. The Art Archive / Museo di Capodimonte, Naples / Collection Dagli Orti/Shutterstock; 75 ab. Wellcome Library, London; 77 Courtesy of the S.C.Williams Library, Special Collections and Archives; Stevens Institute of Technology, Hoboken, NJ, USA; 78 The Art Archive / DeA Picture Library/Shutterstock; 79 Biblioteca Ambrosiana, Milan, Italy / De Agostini Picture Library / Metis e Mida Informatica / Veneranda Biblioteca Ambrosiana / Bridgeman Images; 81 Biblioteca Ambrosiana./Art Archive/Shutterstock; 82-83 Biblioteca Ambrosiana, Milan, Italy / De Agostini Picture Library / Metis e Mida Informatica / Veneranda Biblioteca Ambrosiana / Bridgeman Images; 84 Universal History Archive/UIG / Bridgeman Images; 85 Art Archive / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 86-87 ar. The Morgan library /Scala Archives, Florence; 86 ab. Private collection, 87 ar. RIBA collections, 87 ab. Private collection; 88 Private collection, 89 Private collection; 90 Private collection; 91 Private collection; 92 Private Collection / The Stapleton Collection / Bridgeman Images; 93 The Art Archive / Frick Collection, New York/Shutterstock; 95 ar. The Art Archive / Palazzo Ducale Urbino / Collection Dagli Ortoi/Shutterstock, 95 c. / © Walters Art Museum, Baltimore, USA / Bridgeman Images; 95 ab. Gemäldegalerie, Berlin BPK; 96 Bibliothèque nationale France; 97 Private Collection / The Stapleton Collection / Bridgeman Images; 99 ar.iz. RIBA Collections; 99 ar.der. Private Collection/Bridgeman Images; 99 ab. Art Archive / DeA Picture Library/Shutterstock; 101 Private collection; 102 Private collection; 103 Rijksmuseum, Amsterdam; 104 Biblioteca Ambrosiana/The Art Archive/ Shutterstock; 105 Andrea Lensini Photography; 105 der. Gianni Dagli Orti/REX/Shutterstock 106 The Art Archive / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 107 The Art Archive / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 108-109 Bayerische Staatsbibliothek München; 111 Private collection; 112 Bayerische Staatsbibliothek München; 113 Private collection; 114 ar. Musee des Beaux-Arts, Lille, France / Bridgeman Images; 114 ab. Private collection; 115 Saxon State and University Library Dresden (SLUB); 116 The Art Archive / Alte Pinakothek Munich / Superstock/Shutterstock; 117 Private collection; 118 Private collection; 119 Private collection; 121 The Art Archive / Mondadori Portfolio/Electa/Shutterstock; 122 Private collection; 123 Private collection;124 Private collection; 125 Private collection;126 Heidelberg University Library;127 Heidelberg University Library; 129 Private collection; 130 KU Leuven, University of Leuven Library, Belgium; 131 Nicolaus Copernicus Museum, Frombork, Poland / Bridgeman Images; 132 Special Collections & Archives of the University Libraries, George Mason University, Fairfax County, USA; 133 Biblioteca Ambrosiana, Milan, Italy / De Agostini Picture Library / © Veneranda Biblioteca Ambrosiana / Bridgeman Images; 134 © The Metropolitan Museum of Art/Art Resource/Scala, Florence ; 135 Private collection; 137 Private collection; 138 Bayerische Staatsbibliothek München; 139 Bayerische Staatsbibliothek München; 140-141 Stattliche Graphische Sammlung, Munich; 142 ar. Bamberg Staatsbibliothek ; 143 der. Private collection; 143 ab. Private collection; 145 Historisches Museum, Basel; 146 bpk / Kupferstichkabinett, SMB / Volker-H. Schneider; 147 Private collection; 148 ar. Private collection; 148 iz. Bamberg Staatsbibliothek ; 148 ab.der. Bamberg Staatsbibliothek ; 149 Bamberg Staatsbibliothek; 150 Bamberg Staatsbibliothek; 151 Bamberg Staatsbibliothek; 152 Bamberg Staatsbibliothek; 153 Bamberg Staatsbibliothek ; 154 Bamberg Staatsbibliothek; 155 Bamberg Staatsbibliothek; 156 Bamberg Staatsbibliothek ; 157 Harald Fischer, Verlag; 158 Harald Fischer Verlag; 159 Harald Fischer, Verlag; 161 Herzog August Bibliothek, Wolfenbuttel; 162 Herzog August Bibliothek, Wolfenbuttel; 163 Herzog August Bibliothek, Wolfenbuttel; 165 ar.iz. Bayerische Staatsbibliothek München; 165 ar.der. bpk / Staatliche Kunstsammlungen Dresden / Herbert Boswank; 165 ab. bpk / Staatliche Kunstsammlungen Dresden / Herbert Boswank; 166 Bamberg Staatsbibliothek ; 167 Bamberg Staatsbibliothek; 168 Bayerische Staatsbibliothek München; 169 Bayerische Staatsbibliothek München; 170 Private collection; 171 Private collection; 172 Staatliche Kunstsammlungen Dresden; 173 iz. Max Planck Institute for the History of Science; 173 c. Private collection; 173 der. Private collection; 175 iz. Private collection; 175 der. Bamberg Staatsbibliothek; 176 ar.iz. Private collection; 176 der. Bamberg Staatsbibliothek; 177 Bamberg Staatsbibliothek; 178 Bamberg Staatsbibliothek 179 Bamberg Staatsbibliothek; 180 iz. Bamberg Staatsbibliothek; 180 der. Bayerische Staatsbibliothek München; 181 Bayerische Staatsbibliothek München; 182 private collection; 183 Private collection; 184 © Science Museum / Science & Society Picture Library -- All rights reserved; 185 iz. Hulton Archive / Handout/Getty Images; 185 der. Private collection; 186 Private collection; 187 Private collection; 188 Middle Temple Library/Science Photo Library; 189 © Science Museum / Science & Society Picture Library -- All rights reserved. 191 Photo: © Rheinisches Bildarchiv, Marion Mennicke; 192 Biblioteca Estense, Modena, Italy / Bridgeman Images; 195 iz. RIBA Collections; 196 Museo Galileo & Museum of the History of Science, Florence; 197 Museo Galileo & Museum of the History of Science, Florence; 198 Private collection; 199 Private collection; 200 The Art Archive/Shutterstock; 201 ar. Veneranda Biblioteca Ambrosiana/DeAgostini Picture Library/Scala, Florence; 201 c. Bamberg Staatsbibliothek; 201 ab. Private collection; 202 Private collection; 203 Private collection; 204 Private collection; 205 DeA Picture Library/The Art Archive/ Shutterstock; 206 Private collection; 209 ar. Science Source Library; 209 ab. Bibliothèque nationale France, 210 iz. Private collection; 210 der. Wellcome Library, London; 211 Wellcome Library, London; 213 Bibliothèque nationale France; 214 ar. Private collection; 214 ab. The Art Archive/Shutterstock; 215 Digital Globe/Getty Images ; 217 Teylers Museum, Haarlem; 218 iz. © Science Museum / Science & Society Picture Library -- All rights reserved; 218 ar.der. Teylers Museum, Haarlem; 218 ab. Teylers Museum, Haarlem; 219 Eden Robbins.